



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

“Restauración y pruebas de máquina de ensayo de torsión y Torsiómetro Tecquipment No. SM1/2 del laboratorio de Metales de la Facultad de Tecnología de la Industria de la Universidad Nacional de Ingeniería”.

**AUTOR**

Br. Carmen de los Ángeles Flores

**TUTOR**

Dr. Jorge Alberto Rodríguez García

**Managua, 28 de Noviembre 2018**



**DECANATURA**

Managua, 10 de julio del 2018

Br. Carmen de los Ángeles Flores

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado "Restauración y pruebas de máquinas de ensayo de torsión y Torsiómetro Tecquipment No. SM1/2 del laboratorio de Metales de la Facultad de Tecnología de la Industria de la Universidad Nacional de Ingeniería", para obtener el título de **Ingeniero Mecánico** y que contará con el **Dr. Jorge Alberto Rodríguez García** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,



**MSc. Lester Antonio Artola Chavarría**  
Decano

C/c Archivo  
DCH/art



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

**La Comisión de Revisión de Culminación de Estudios**  
**de la carrera de Ingeniería Mecánica**

Hace constar que el tema Monográfico:

**“Restauración y pruebas de máquinas de ensayo de torsión y Torsiómetro Tecquipment No.SM 1/2 del laboratorio de Metales de la Facultad de Tecnología de la Industria de la Universidad Nacional de Ingeniería”.**

Propuesto por el (la) (los) o (las) bachiller(es):

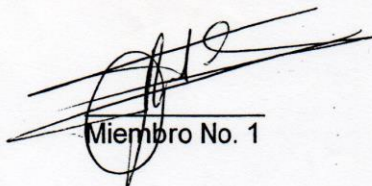
1. Carmen de los Ángeles Flores

**Tutor: Dr. Jorge Alberto Rodríguez García**

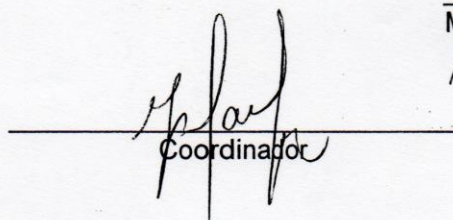
Ha sido:

**Aprobado:** \_\_\_\_\_

**Debe(n) reformularlo:** \_\_\_\_\_

  
Miembro No. 1

  
Miembro No. 2

  
Coordinador

Managua, 03 de febrero del 2018





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA  
VICE DECANATURA

---

Managua, 14 de febrero de 2018

Ing. César Guillermo Blandino Rayo  
Jefe de Departamento de Tecnología  
F.T.I. UNI-RUPAP.

Estimado Ing. Blandino:

Reciba un cordial saludo de mi parte.

La Universidad Nacional de Ingeniería a través de la Facultad de Tecnología de la Industria, coordina como una forma de culminación de estudios la elaboración de monografías de los egresados de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica.

Los egresados realizan su trabajo monográfico en empresas industriales o diferentes instituciones del país.

Es por ello, que solicito sus buenos oficios a fin de que la Br. Carmen de los Ángeles Flores número de carnet 2012-41068, número de cédula 001-240395-0033J, estudiante de la carrera de Ing. Mecánica, se les conceda permiso para realizar su trabajo monográfico en el Laboratorio de Metales: "RESTAURACIÓN Y PRUEBAS DE MÁQUINA DE ENSAYO DE TORSIÓN Y TORSIÓMETRO TECQUIPMENT SM 1/2 DEL LABORATORIO DE METALES DE LA FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA".

Cordialmente

  
MSc. Glénda Velásquez Vargas  
Vice Decana  
F.T.I.

Teléfono: 22401653 - 22486879 / 89666037 (M) / 88523433 (C)

Cc: Archivo  
GVV/gvv

Managua, 15 de Octubre del 2017

Ing. Julio Cesar Gutiérrez Mayorga  
Responsable Laboratorio de Metales

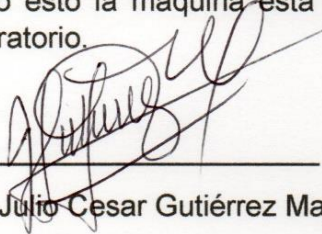
Reciba un cordial saludo de mi parte.


Yo, **Carmen de los Ángeles Flores** con número de carnet **2012-41068** y número de cedula **001-240395-0033J**, estudiante de la carrera de **Ingeniería Mecánica** le hago entrega un equipo al laboratorio de metales de la Facultad de Tecnología de la Industria UNI-RUPAP con las especificaciones siguientes:

**MAQUINA DE ENSAYO DE TORSION TEQUIPMENT SM-1**

Ubicación:	Laboratorio de Metales UNI-RUPAP
Modelo:	SM-1
Color:	Gris
Peso:	76Kg
Tipo de accionamiento:	Manual

Se entrega la máquina y sus accesorios además del manual traducido, la guía de laboratorio para la práctica de los estudiantes, el plan de mantenimiento con sus respectivas hojas de mantenimiento para el operario y los planos de la maquina; dicho esto la máquina está totalmente restaurada y funcional para prácticas de laboratorio.

  
Ing. Julio Cesar Gutiérrez Mayorga  
Responsable del laboratorio de metales  
UNI-RUPAP

  
Carmen de los A. Flores

Cc: archivo



## Dedicatoria

Dedico este trabajo monográfico principalmente a Dios nuestro Padre Celestial que ha estado conmigo en cada paso que doy, gracias por haberme dado la sabiduría, entendimiento, por cuidarme siempre y darme la fortaleza que necesitaba.

Dedico de manera especial a mis madres, **Ángela Rosa Flores, Carmenza Barrios y Paula Barrios**, quienes me dieron todo el tiempo su apoyo, quienes han sido los pilares de mi vida, me han brindado una gran enseñanza de vida y son los mejores ejemplos que pude haber tenido. Gracias por todo su amor, esfuerzo e interés y principalmente por ayudarme a lo largo de mi vida.

A mi hermano, **Alfonso Barrios**, por brindarme su tiempo, su dedicación y esfuerzo, por aguantar mis malos tratos y mi exigencia, por darme su apoyo incondicional y su ayuda en todo momento.

A mi novio **Kenneth Vega**, por ser un hombre amigo en todo momento, ayudándome a no rendirme, por creer en mis capacidades, por ayudarme a seguir y por darme su amor y cariño.

A mi familia y excompañeros por mostrarme el camino hacia la superación y nunca permitir que me diera por vencida, por sus consejos y su ejemplo a lo largo de mi vida, escucharme, darme consejos y brindarme su ayuda a la hora que la necesitara sin importar que.

En especial a mi tutor **MSC. Jorge Alberto Rodríguez García** por todo su apoyo, sus regaños; por darme consejos y muchos aprendizajes a lo largo de mi carrera y más en los últimos meses.

Al **Ing. Julio Gutiérrez** por permitirme estar en el laboratorio de metales, por asesorarme y darme su apoyo, brindarme tiempo y atención para que este aquí cumpliendo mi sueño.

Al **Ing. Pablo Mota**, por su apoyo y amistad a lo largo de los años de mi carrera, por brindarme sus conocimientos y su apoyo en el taller.

## **Resumen**

El presente documento es el resultado de un proyecto de restauración. En este documento se muestran los pasos que se realizaron para la restauración de una máquina de torsión.

El capítulo uno presenta los aspectos generales y por qué resulta indispensable contar con un equipo como este y las condiciones de realización del trabajo monográfico.

El capítulo dos aborda la justificación, el porqué de su ejecución. El capítulo tres delimita los objetivos propuestos al elaborar el presente escrito.

El capítulo cuatro corresponde al marco teórico; el cual desarrolla los conceptos, definiciones generales de la máquina y sus características, fundamentales para la comprensión de este informe como son características de la máquina, especificaciones, partes, uso y funcionamiento, descripción funcional del equipo, instrucciones de operación y tipos.

El capítulo cinco corresponde al análisis y presentación de los resultados, para determinar los trabajos que serían necesarios para restaurar la máquina de torsión, también presenta las maniobras mecánicas, los resultados luego de la restauración, del mismo modo se desarrolla el mantenimiento correctivo de cada parte de la máquina; seguidamente presenta las líneas futuras, su uso y la guía práctica de laboratorio; también presenta las pruebas realizadas y la fabricación de probetas en distintos materiales, además este capítulo contiene el análisis económico de la restauración de la máquina que incurrieron para el desarrollo óptimo del proyecto.

El capítulo siete se enumeran las conclusiones a las que se llegaron una vez finalizado el trabajo monográfico y las recomendaciones.

El capítulo ocho específico la bibliografía consultada para el desarrollo científico y técnico de la restauración y documentación del trabajo.

Para finalizar se muestran los anexos, se detalla información necesaria para la mejor comprensión en el desarrollo del documento.



## INDICE

I. Introducción.....	1
II. Justificación.....	2
III. Objetivos.....	3
IV. Marco teórico.....	4
4.1 Definiciones generales .....	4
4.2 Descripción general de la máquina .....	6
4.2.1 Características de la máquina de torsión .....	7
4.2.2 Especificaciones.....	8
4.2.3 Instalación .....	8
4.2.4 Accesorios .....	8
4.2.5 Muestra de prueba de torsión.....	8
4.2.6 Partes de la máquina .....	10
4.3 Construcción del torsiómetro .....	12
4.4 Uso y funcionamiento del Torsiómetro .....	13
4.4.1 Uso .....	13
4.4.2 Funcionamiento .....	13
4.5 Descripción funcional del equipo .....	14
4.6 Descripción de las pruebas que se pueden realizar con el equipo .....	14
4.7 Instrucciones de operación para máquina de ensayo de torsión y torsiómetro .....	15
a. Tipos de máquinas de ensayo de torsión .....	16
b. Tipos de torsiómetro .....	27
V. Análisis y presentación de resultados .....	30
5.1 Diagnostico .....	30
5.1.1 Sistema mecánico .....	32
5.1.1.1 Barra cilíndrica de acero rectificado.....	32
5.1.1.2 Cabezal fijo.....	33
5.1.1.3 Rodillo de agujas.....	33
5.1.1.4 Cabeza de ajuste manual.....	33
5.1.1.5 Tapa lateral del tornillo sin fin.....	34
5.1.1.6 Caja de engranes de reducción de tornillo sin fin.....	35
5.1.1.7 Eje de acero rectificado .....	35
5.1.1.7.1 Resorte de compresión .....	35

5.1.1.8 Mordazas de precisión .....	36
5.1.1.9 Marco del clavijero. ....	37
5.1.1.10 Brazo de torsión en posición horizontal .....	37
5.1.1.11 Volante horizontal y volante vertical .....	38
5.1.1.12 Abrazadera bloqueadora .....	38
5.1.2 Sistema de instrumentación y control .....	39
5.1.2.1 Contador de revoluciones .....	39
5.1.2.2 El Muelle de resorte manual (Balanza análoga) .....	39
5.1.2.4 Escalas de transportador .....	41
5.2 Mantenimiento integral y puesta en marcha .....	41
5.2.1 Mantenimiento integral del equipo .....	41
5.2.2 Maniobras Mecánicas .....	42
5.2.2.1 Barra cilíndrica de acero rectificado.....	42
5.2.2.2 Cabezal fijo.....	43
5.2.2.3 Cabeza de ajuste manual.....	44
5.2.2.4 Tapa lateral del tornillo sin fin.....	46
5.2.2.5 Caja de engranes de reducción de tornillo sin fin.....	46
5.2.2.6 Eje de acero rectificado y resorte de compresión.....	47
5.2.2.9 Marco del clavijero .....	48
5.2.2.11 Abrazadera bloqueadora. ....	50
5.2.2.12 Contador de revoluciones.....	50
5.2.2.13 El Muelle de resorte manual (Balanza análoga).....	51
5.2.15 Banda .....	53
5.3 Líneas Futuras.....	55
5.3.1 Uso del equipo.....	55
5.3.2 Uso docente .....	56
5.4 Pruebas realizadas y fabricación de probetas .....	69
5.4.1 Diseño de experimento. ....	69
5.4.2 Fabricación de probetas .....	69
5.4.3 Pruebas realizadas a las probetas.....	71
5.4.3.1 Prueba de dureza (Rockwell B).....	71
5.4.3.2 Prueba de chispa .....	75
5.5 Análisis económico de restauración .....	100

<b>5.6 Plan de mantenimiento y diagnóstico de fallas .....</b>	<b>103</b>
<b>5.6.1 Plan de mantenimiento preventivo .....</b>	<b>103</b>
<b>5.6.2 Planeación del Stock necesario.....</b>	<b>104</b>
<b>5.6.3. Formato de hoja de control del mantenimiento preventivo. ....</b>	<b>105</b>
<b>5.8 Ficha técnica de la máquina de ensayo de torsión .....</b>	<b>106</b>
<b>VI. Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>107</b>
<b>VII. Bibliografía consultada .....</b>	<b>109</b>
<b>VIII. Anexos .....</b>	<b>111</b>
<b>8.1 Anexos A: Planos constructivos del Torsiómetro, planos de la máquina de Torsión y sus vistas.....</b>	<b>113</b>

## **I. Introducción**

Las propiedades mecánicas de los materiales sólidos usados en los diseños de ingeniería se determinan mediante pruebas destructivas, en muestras estandarizadas del material; esto quiere decir que las muestras se someten a la acción de un tipo de fuerza hasta que se fracturan y esto da lugar al término “propiedad mecánica”, que son las propiedades más importantes cuando se seleccionan los materiales en diseños, donde la función principal de las piezas es soportar fuerza.

Hay pruebas estándares de diversos tipos, en donde se le puede aplicar a la muestra una fuerza de tensión, compresión, torsión, flexión, etcétera. Los resultados de estas pruebas son una ayuda para que los diseñadores puedan determinar el uso apropiado de los materiales.

El ensayo de torsión es el método para determinar el comportamiento de materiales sometidos a cargas de giro. Los datos del ensayo de torsión se usan para construir un diagrama carga-deformación y para determinar el límite elástico del módulo elástico de torsión, el módulo de rotura en torsión y la resistencia a la torsión. Las propiedades de cizalladura suelen determinarse en un ensayo de torsión. (ASTM E-143).

Por estas razones resulta indispensable contar con un equipo que nos brinde estos ensayos, por esta razón nuestro trabajo se enfoca en la restauración y pruebas de máquina de ensayo de torsión y Torsiómetro Tecquipment No. SM 1/2 del Laboratorio de Metales de la Facultad de Tecnología de la Industria de la Universidad Nacional de Ingeniería. (Pág. 8)

Logrado estos objetivos, los estudiantes de ingeniería así como trabajos de apoyo a la industria contarán con un equipo que brinde estos servicios.



## **II. Justificación**

El presente trabajo se elaboró por la necesidad que existe de realizar prácticas en el laboratorio de metales de la Facultad de Tecnología de la Industria, debido a que es importante conocer cada uno de los procesos requeridos para la utilización conveniente de la máquina de ensayo de torsión y Torsiómetro Tecquipment SM 1/2, poniendo en práctica todos los conocimientos adquiridos en las asignaturas correspondientes, para las prácticas de laboratorio, apoyo a la industria y trabajos de investigación.

De esta forma se define como problema científico-tecnológico la total Restauración y pruebas de la máquina de ensayo de torsión y Torsiómetro Tecquipment No. SM 1/2.

El objeto de estudio se encuentra enmarcado en los ensayos de torsión en metales, su campo de acción está en las actividades de mantenimiento correctivo del equipo en análisis, considerando los conocimientos desarrollados en la carrera de Ingeniería Mecánica sobre resistencia de materiales y mantenimiento.

Se define la hipótesis:

“Si se restaura y se realizan las pruebas de la máquina de ensayo de torsión y Torsiómetro Tecquipment No. SM1/2 implementando un circuito de maniobra mecánicas y planificando un régimen de mantenimiento, entonces se incrementará la confiabilidad y seguridad en la operación del equipo, pudiéndose garantizar las prácticas de laboratorio, asistencia a la industria y trabajos de investigación.

### **III. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Restauración total de la máquina de ensayo de torsión y torsiómetro SM 1/2 del laboratorio de metales de la Facultad de Tecnología de la Industria.

#### **Objetivos específicos**

- Elaborar un diagnóstico de la máquina de prueba de torsión y torsiómetro Tecquipment SM 1/2.
- Realizar las soluciones a las fallas y la valoración correspondiente.
- Cuantificar los costos invertidos en la reparación de la máquina.
- Realizar las pruebas de rigor del equipo.
- Dejar plasmado el manual de operación y mantenimiento del equipo así como la práctica de laboratorio que efectúan los estudiantes.

## IV. Marco teórico

### 4.1 Definiciones generales

#### Torsión:

Es la aplicación de un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

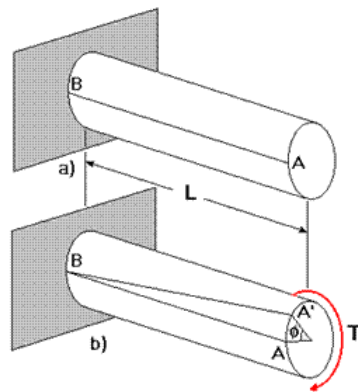


Fig. N°1 Ángulo de torsión

#### Ángulo de torsión:

Conforme se aplica el par torsor, un elemento a lo largo de la superficie externa del miembro, inicialmente recto, un pequeño ángulo de torsión es el generado.

#### Esfuerzos por torsión:

Se produce cuando se somete un eje a un torque o un par en un extremo y en el otro fijo.

#### Resistencia a la torsión:

Es la resistencia que ofrece un material al romperse bajo un esfuerzo torsional.

**Deformación plástica:**

Cambio permanente de forma o dimensión debido a una fuerza mecánica mayor que el límite elástico (proporcional) del material bajo presión, que no recupera su forma original al eliminar la fuerza deformante. La fuerza que excede el límite proporcional, hace que los átomos del enrejado cristalino, se desplace hasta el punto de no poder volver más a su posición original.

**Deformación elástica:**

Cambio temporal de forma producido por una fuerza mecánica dentro del límite elástico (proporcional) del material bajo presión, recuperándose la forma y dimensiones originales al eliminar la fuerza deformante. La fuerza, al estar por debajo del límite proporcional, hace que los átomos del enrejado cristalino, se desplace solo en valores tales que, al disminuir aquella, vuelvan su posición original.

**Ensayo de torsión:**

La torsión en si se refiere a un desplazamiento circular de una determinada sección transversal de un elemento cuando se aplica sobre este un momento torsor o una fuerza que produce un momento torsor alrededor del eje. La torsión se puede medir observando la deformación que produce en un objeto un par determinado. Los materiales empleados en ingeniería para elaborar elementos de máquinas rotatorias como los cigüeñales y árboles de leva, deben resistir las tensiones de torsión que les aplican las cargas que mueven.

**Torsiómetro:**

Es una máquina de laboratorio de ensayo empleado para analizar la potencia efectiva realizada por el par motor a través de la medida del ángulo de torsión y las revoluciones del eje de cola.

**Mantenimiento:**

Consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación lo que incluye lubricación, pruebas, servicios, inspecciones, ajuste, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y restricción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento.



## **Tipos de mantenimiento.**

**Mantenimiento correctivo:** Es todo mantenimiento ejecutado para corregir una falla. En la mayoría de las fábricas la mayor parte del mantenimiento es imprevisto o no planificado.

Mientras la parte del mantenimiento planificado es insignificante. Esto trae como consecuencia un elevado costo de mantenimiento, poco efectivo.

Trabajar solo bajo un plan de mantenimiento correctivo implica operar hasta el fallo. Se debe de hacer con urgencia. Con lleva:

- Elevación de costos.
- Decremento de la disponibilidad.
- Tiempos de parada tienden a incrementarse.
- Los recursos de mantenimiento están controlados por una demanda imprevista.
- Efectividad del mantenimiento es baja.
- Trabajo sobre presión de producción.
- Se generan condiciones de trabajo de peligro.

**Mantenimiento Periódico:** Este se realiza después de un periodo largo de trabajo del equipo cada seis meses al año. Se practica generalmente a equipos que trabajan en plantas muy grandes: petroquímicas, azucareros, producción de papel, producción de cemento, se efectúan reparaciones mayores y generales.

**Mantenimiento preventivo:** Realizar actividades con la finalidad de mantener un elemento en una condición específica de operación, por medio de una inspección sistemática, detección y prevención de la falla inminente.

### **4.2 Descripción general de la máquina**

La máquina de torsión, está destinada a ser usada en los Laboratorios de Ensayo de Materiales.

Por su construcción simple y fácil manejo, es operada por los propios alumnos, permitiendo que estos puedan comprobar la relación entre esfuerzos y deformaciones en una prueba de material.

#### 4.2.1 Características de la máquina de torsión

- Portátil
- Apta para la enseñanza
- Usa mordazas hexagonales (para evitar el resbalamiento de las probetas al ser tomadas por las mordazas).
- Torsiómetro para medidas más exactas de ángulo de torsión
- Lecturas directas del torque
- Lectura directa del ángulo de torsión
- Diseño robusto y sólida.
- Variedad de ensayo de torsión (dentro de la zona elástica y plástica).



Fig. N°2 Máquina de ensayo de torsión

#### 4.2.2 Especificaciones

Capacidad nominal	30 Nm	300 lbf/in
Diámetro base	76 mm	3 in
Longitud total de la base	914 mm	36 in
Capacidad de la mordaza	12 mm (hexagonal)	½ in A/F
Longitud de la muestra	450 mm	18 in
Peso total	76 kg	1 ½

Tabla N°1 Especificaciones generales de la máquina

#### 4.2.3 Instalación

La máquina puede quedar convenientemente instalada sobre una mesa firme. No requiere anclaje.

#### 4.2.4 Accesorios

La máquina se complementa con un “TORSIOMETRO” que permite medir ángulos directamente sobre la probeta.

#### 4.2.5 Muestra de prueba de torsión

Un rango estándar de muestra, tanto métricas como inglesas, pueden ser suministradas por Tecquipment. Cada muestra está marcada con una referencia de código y tiene las siguientes dimensiones.

Código de referencia	Especificaciones	Incremento
MT 15	0.15% Acero al carbono (como estirado)	0.5°
MT 15 N	0.15% Acero al carbono (normalizado) a 900° C	0.2°
MT 40	0.40% Acero al carbono (como estirado)	0.5°
MT 40 N	0.40% Acero al carbono (normalizado) a 860° C	0.4°
MT I	Hierro fundido	0.5°
MT X	Hierro fundido latón B.S 249	0.5°
MT R	Aleación de aluminio Bs 1476 H.E. 14 recocido	1.0°

Tabla N°2 Tipos de materiales para ensayo

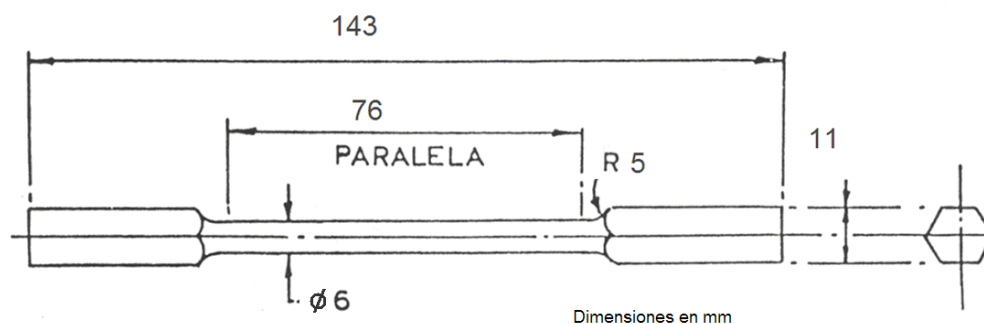


Fig. N°3 Muestra normalizada

Los tipos de muestras para ensayo de torsión de diferentes materiales son:



MT 15 –Acero al carbono



MT 15 N – Acero al carbono 900°C



MT 40 – Acero al carbono estirado



MT 40 N – Acero al carbono 860° C



MT I – Hierro fundido



MTX – Latón

Fig. N°4 Tipos de muestras



#### 4.2.6 Partes de la máquina

La máquina de prueba de torsión (**Fig. N° 4**) consta de:

- ❖ Base rígida (A), formada por una barra de acero rectificada de 76 milímetros
- ❖ Cabezal fijo (B) en su extremo
- ❖ Cabeza de ajuste manual (C) que se mueve libremente a lo largo de su longitud. La cabeza tensora es básicamente una caja de engranajes de reducción de tornillo sin fin dispuesta para deslizarse en una relación de chavetero 60:1 radio
- ❖ Abrazadera (D) para bloquear la cabeza, posición a lo largo de la base de acuerdo con la longitud de la muestra bajo prueba
- ❖ Acero endurecido y rectificado (E) a través del cabezal que es de proporciones sustanciales, está montado longitudinalmente para permitir el ligero cambio en la longitud que normalmente experimenta cuando se somete a una carga de torsión  $t$
- ❖ Rodamientos (F) son el extremo liviano del cabezal y todo el conjunto del eje se pierde por el resorte de compresión
- ❖ Resorte de compresión (G)
- ❖ Brazo de torsión equilibrado (H), de 125mm de radio
- ❖ Muelle de resorte (J) y sistema analógico
- ❖ Volante horizontal (K) que calibra para aplicar el par torsor
- ❖ Nivel de burbuja (L)
- ❖ Escala de transportador (M) en el eje de entrada, se gradúa de  $0.5^\circ$  a  $0.1^\circ$  en ambas direcciones.
- ❖ Escala de transportador (N) en el eje de salida; se gradúa de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  en ambas direcciones

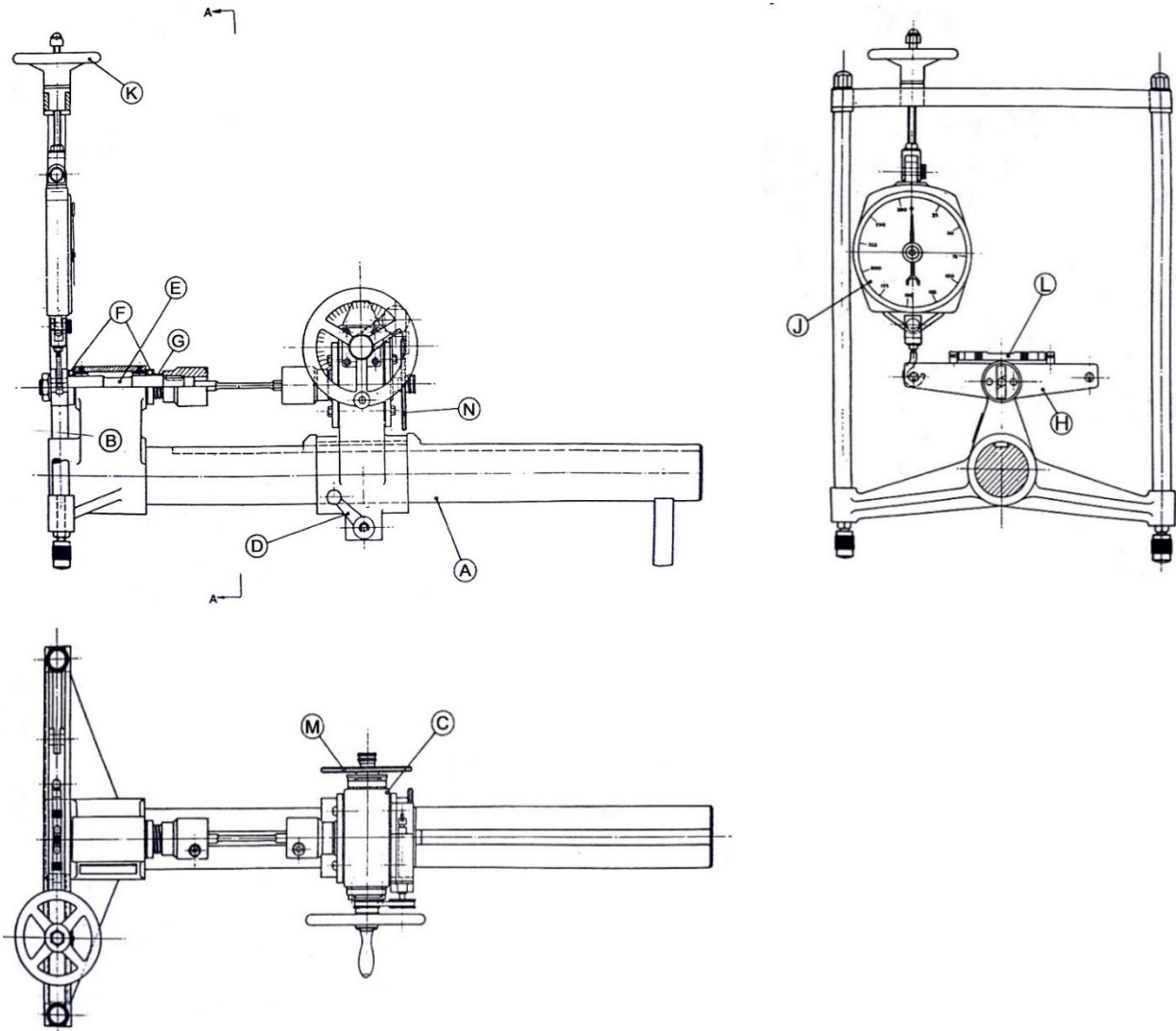


Fig. N° 5 Ensayo de torsión

- ❖ La máquina se complementa con un “Torsiómetro” que permite medir ángulos directamente sobre la probeta.

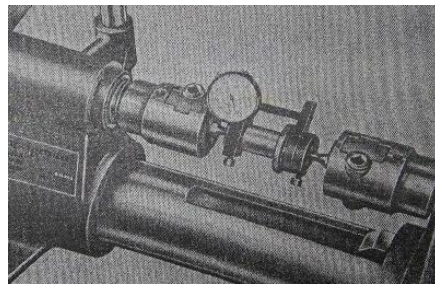


Fig. N°6 Torsiómetro

### 4.3 Construcción del torsiómetro

Una sección del torsiómetro (**Fig. N°7**).

El torsiómetro consiste en dos abrazaderas externas (A) y (B) que se ubican axialmente por el espaciador cilíndrico (C), cada abrazadera de extremo contiene un tornillo de cabeza, con cabeza hueca de 90° de cono (D), que se utilizan para sujetar el Torsiómetro en la muestra. El espaciador intermedio mantiene una longitud de calibre de 50 milímetros (torsiómetro métrico) o 2 pulgadas (torsiómetro ingles) entre los dos tornillos de sujeción. Las abrazaderas de los extremos están ranuradas para facilitar la inserción y extracción de la muestra.

Cada tapa de extremo (E) contiene dos rodillos de acero endurecidos para ubicar el torsiómetro en la muestra cuando se fija en su posición. Las dos partes componentes de las abrazaderas de extremo (B) se mantienen rígidamente mediante la tuerca moleteada (F), la abrazadera de extremo (A) lleva una lectura de corte de línea (G) con una precisión de 0.001 radianes. El embolo del medidor de cuadrante se coloca exactamente a 1 pulgada del centro de la muestra y se apoya en la parte plana de una varilla (H) que es integral con la abrazadera (B).

Este posicionamiento del medidor de cuadrante asegura que cualquier desplazamiento angular de un extremo del torsiómetro en relación con el otro sobre su longitud de calibre se medirá directamente en el cuadrante de 0.001 radianes.

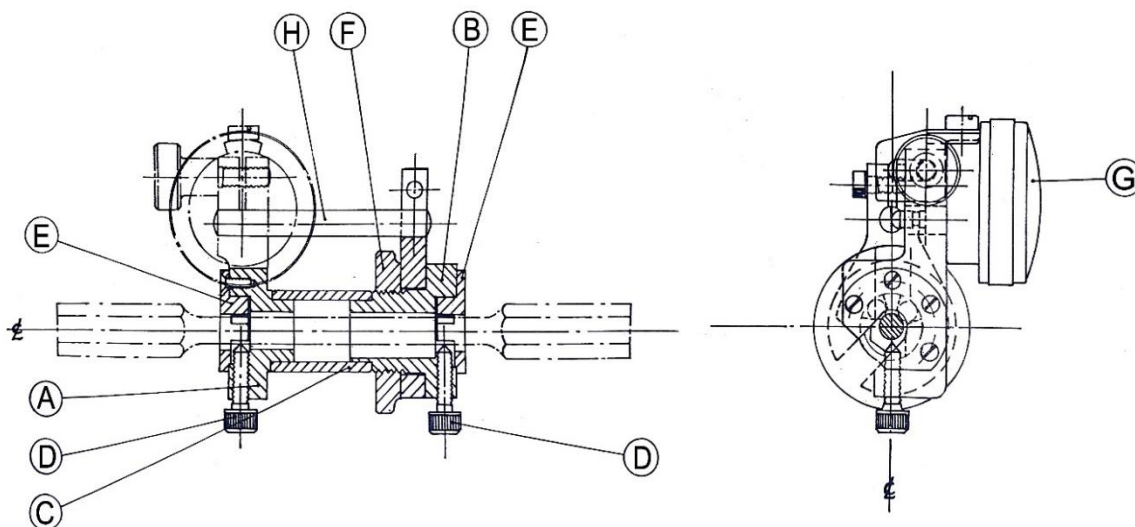


Fig. N° 7 Torsiómetro

## 4.4 Uso y funcionamiento del Torsiómetro

### 4.4.1 Uso

El torsiómetro se debe utilizar donde se desee una medición más precisa de la tensión sobre una longitud de calibre precisa de la abrazadera (B), ya sea 50 milímetros o 2.00 pulgadas. Se pueden obtener mediciones precisas de la deformación tanto en la región elástica como en la plástica, permitiendo así un medio muy preciso para medir las propiedades de endurecimiento del trabajo de la muestra. Para continuar leyendo en el indicador de cuadrante sobre estas regiones será necesario ajustar el conjunto como se describe en la siguiente sección.

### 4.4.2 Funcionamiento

Coloque el torsiómetro en la muestra como en la (**Fig. N°6**). Esto se hace en tres etapas y haciendo referencia a las letras (**Fig. N°7**)

1. Ubique el torsiómetro en el lugar correspondiente, esto se hace en tres etapas. Fije firmemente un extremo de la muestra en el porta brocas de contrapunto de la máquina de torsión separe el torsiómetro en sus tres componentes principales, dos abrazaderas de extremo (A) y (B) y un cilindro (C).

Deslice a abrazadera de extremo (B) sobre la muestra y apriete el tornillo de cabeza (D).

Coloque la varilla (H) en su posición (**Fig. N° 6**) y apriete la tuerca moleteada (F) para desbloquearla en su posición.

2. Deslice el espaciador cilíndrico (C) sobre la muestra y sobre la espiga en la pinza final (B).
3. Coloque la abrazadera de extremo restante (A) sobre la muestra, teniendo cuidado de ubicar la espita en esta abrazadera de extremo abierto del espaciador (C). Gire la abrazadera del extremo hasta el embolo del medidor de disco entre en contacto con el plano en el extremo de la varilla (H). El comparador de línea debería estar ahora en una posición tal que el cuadrante sea claramente visible. Sostenga



firmemente los tres componentes y apriete el tornillo de cabeza (D) en la abrazadera de extremo (A). El espaciador debe poder rotar libremente sin fin de juego. Todo el conjunto esta ahora firmemente fijado a la muestra de prueba y a la cabeza de torsión de tensión de la máquina de torsión se puede deslizar a lo largo del alojamiento hasta que el extremo hexagonal libre de la muestra este dentro del mandril del cabezal. Es posible que sea necesario girar el mandril del cabezal. Bloquee el cabezal de tensión en su posición y apriete el mandril del cabezal de tracción unos pocos grados para garantizar que las mordazas del mandril del cabezal agarren correctamente el extremo hexagonal de la muestra, la máquina de la muestra debe ser sujeta en el vértice de la mandíbulas del porta brocas.

El torsiómetro ahora está listo para usar. Si la deflexión a escala completa del comparador de cuadrante es insuficiente en la primera posición de sujeción de la varilla (H), puede ajustarse para registrar un mayor esfuerzo de la muestra al aflojar la tuerca moleteada (F) y restablecer la posición de la varilla (H) de esta forma, la posición del ariete del torsiómetro en la muestra NO SE TRATA DE NINGUNA MANERA y se obtiene un ajuste continuo a lo largo de todo el rango de carga.

#### **4.5 Descripción funcional del equipo**

Se usa para hacer pruebas en distintos tipos de material y así llegar a conocer la resistencia de estos cuando son sometidos a diversas fuerzas, como la de un par.

También se pueda conocer cuál es su ángulo de torsión, además de la fuerza que soporta antes de sufrir una ruptura, esta fuerza se visualiza en la báscula análoga.

#### **4.6 Descripción de las pruebas que se pueden realizar con el equipo**

Pruebas de torsión:

Consiste en sujetar una barra por un extremo y aplicarle un par al extremo opuesto.

##### **➤ Efecto BAUSHINGER:**

Se utiliza para determinar la distribución de tensiones después de la deformación.

➤ Esfuerzos residuales:

Prueba utilizada para medir los esfuerzos creados en el cambio de volumen de un material.

➤ Efecto de tratamiento térmico en las propiedades elásticas.

Punto de fluencia, “Alto” y “Bajo”.

#### **4.7 Instrucciones de operación para máquina de ensayo de torsión y torsiómetro**

- 1 Liberar la palanca de torque y poner el indicador en cero, por medio del movimiento del tornillo hacia el tope de la derecha.
- 2 Deslice el balance a lo largo de su soporte hasta 2 líneas (escala divisiones), una en el miembro horizontal y la otra en el bloque del conjunto de balance, el cual se desliza a lo largo de este miembro hasta que coincida.
- 3 Deslice el gancho hacia abajo para liberar la carga.
- 4 Coloque la probeta en las mordazas de la máquina de torsión y coloque la probeta en el torsiómetro.
- 5 Cuando la probeta ha sido fijada firmemente, extender la abrazadera hacia su alojamiento.
- 6 Gire la manivela de tensión del brazo de torque hasta que esté en posición horizontal.
- 7 Gire la volante hasta que el gancho este en contacto con el soporte en el brazo de torque. Esto se observa por el movimiento de la burbuja de nivel.

Asegúrese de que el brazo de torque y el resorte de balance estén en cero.

Ajuste al mismo tiempo la volante y la rueda de balance para lograr esta posición.

- 8 Ajuste en cero las caratulas de los indicadores de Angulo por medio de un tornillo.
- 9 Ponga en cero el contador de vueltas, moviendo el sentido horario.
- 10 Ajuste el brazo en el torsiómetro a fin de que este apenas haga contacto con la esfera del medidor.
- 11 Ponga en cero el indicador, rotando el disco.
- 12 Ahora el aparato está listo y la probeta puede someterse a carga, en los incrementos que se desean, girando la manivela que mueve la volante hasta que la probeta haya sido rotada al número de grados requeridos, según se muestra en el indicador.

Nota: Antes de tomar la lectura de torque y de ángulo lleve de regreso el brazo de torque a la posición horizontal.

- 13 Cuando este probando materiales más elásticos el indicador del torsiómetro necesita resettarse a cero periódicamente debido a la limitación en el movimiento del desatascador.

**a. Tipos de máquinas de ensayo de torsión**

**Torsion testing Machine (30Nm)**



Fig. N°8 Torsion testing machine

Características principales

- Ideal para el uso del alumno y demostraciones en el aula
- Capacidad de par de hasta 30 Nm
- Lecturas directas de par y tensión en pantallas digitales.
- Adecuado para pruebas destructivas en probetas.
- Carga hacia adelante y hacia atrás.
- Para usar con probetas de hasta 750 mm de largo
- Amplia gama de probetas de prueba.
- Torsiómetro opcional (SM1001a) disponible para pruebas que requieren mayor precisión.

Descripción

- La Torsión Testing Machine es una máquina compacta, ideal para demostraciones en el aula y para un uso seguro por pequeños grupos de estudiantes.
- Su marco es rígido, de ingeniería de precisión, sección de caja de aleación, apoyada en cada extremo por pies ajustables.
- Lleva dos partes principales: una cabeza de tensión en un extremo, y un sistema de reacción y medición de par en el otro.
- Las muestras se ajustan entre la cabeza de tensión y el par, sistema de reacción y medición.

- El cabezal de deformación es una caja de engranajes de reducción de tornillo sinfín 60: 1, montado en una plataforma.
- La plataforma se puede mover y bloquear en cualquier punto a lo largo del marco. Para aplicar torque, los estudiantes giran una manija a la entrada de la caja de cambios.
- El chavetero permite deslizar el eje de salida de la caja de engranajes libremente a lo largo de su longitud. Esto permite cualquier cambio en la longitud de la probeta durante las pruebas y para facilitar la inserción de probetas. Un codificador preciso mide la tensión (movimiento angular) en la cabeza de tensión.
- El sistema de reacción y medición de torque incluye un eje de torsión soportado por cojinetes.
- El eje reacciona en una célula de carga medida por tensión. Una pantalla digital muestra la fuerza medida por la celda de carga.
- La pantalla se puede conectar a VDAS®. Las tomas de accionamiento hexagonal sujetan las muestras de prueba. Los enchufes encajan en el eje de salida de la caja de cambios y la torsión eje.
- Tecquipment suministra dos tamaños diferentes de unidad enchufes. Por seguridad, una protección clara protege al usuario cuando realiza pruebas destructivas en probetas de tamaño estándar.
- Para aumentar la precisión de la medición de deformación, utilice el Torsiómetro opcional (SM1001a). La precisión aumentada es útil para ayudar a encontrar el módulo de rigidez (módulo cortante).
- El torsiómetro tiene una pantalla digital de movimiento angular, calibrado según el ángulo de deformación (en radianes).
- El torsiómetro se puede conectar a VDAS®. Para pruebas rápidas y confiables, Tecquipment puede suministrar el VDAS® opcional que brinda datos precisos en tiempo real, captura, monitoreo y visualización de cálculos y gráficos de todas las lecturas importantes en una computadora.

### Servicios esenciales

Suministro eléctrico:

Monofásico 100 VAC a 240 VAC, 1 A, 50 Hz a 60 Hz con tierra

Espacio de banco necesario: 1.2 m x 0.6 m

### Condiciones de operación

Entorno operativo: Laboratorio

Rango de temperatura de almacenamiento: -25 ° C a + 55 ° C (cuando se empaqueta para el transporte)

Rango de temperatura de funcionamiento: + 5 ° C a + 40 ° C

Rango de humedad relativa de operación: 80% a temperaturas  $<31^{\circ}\text{C}$  disminuyendo linealmente al 50% en  $40^{\circ}\text{C}$

Niveles de sonido Menores de 70 db (A).

### **Máquina para ensayos de torsión modelo t-300**



Fig. N°9 Máquina de ensayo de torsión modelo T-300

#### Descripción

Esta máquina se utiliza para la realización de ensayos de torsión, donde se aplica un par torsor sobre una probeta a una velocidad constante.

Sirve para determinar el número de vueltas que soporta el material hasta su rotura.

La máquina permite la posibilidad de aplicar una fuerza axial adicional sobre la probeta mediante diferentes pesos muertos mientras se aplica el par.

Es capaz de someter a ensayos alambres pretensados con elevada dureza superficial (aprox 54 HRC) y de valores de resistencia a la rotura de hasta 2 200 MPa. Al alcanzar la rotura de la probeta o el número de ciclos preseleccionado, la máquina para automáticamente.

Opcionalmente puede llevar incorporado un transductor de par.

Características técnicas:

Par torsor máximo	300 Nm
Velocidad de giro	0 -100 mm
Distancia entre caras de mordazas	90 - 530 mm
Accionamiento	Electromecánico: Mediante motor asíncrono controlado con variador de Frecuencia, reductor, correa dentada y eje acoplado a cabezal
Bastidor	Construido con perfiles de aluminio extruido anodizado
Bancada	Placa base reforzada contra la torsión
Aplicación fuerza axial	Mediante pesas
Mordazas	Accionamiento manual. Opción 1: Para probetas cilíndricas: de Ø 1 a Ø 12 mm. Opción 2: Para probetas de sección rectangular
Protección	Estructura de perfiles de aluminio anodizado y paneles de policarbonato  Transparente para evitar atrapamiento y proyecciones.
Ajuste de velocidad de giro	Manual, mediante potenciómetro.
Panel de mando e indicadores	Marcha, parada, potenciómetro para ajuste de velocidad de giro, contador digital de nº de vueltas, indicador digital de velocidad de giro (rpm), etc.  (La parada se produce automáticamente tras la rotura de la probeta)
Anclaje al suelo	No necesita anclaje ni cimentación, se soporta sobre anti vibratorios.
Ruido	< 65 db (A)
Altura (prot. Abierta / cerrada)	1 115 / 1310 mm

Profundidad (prot. Abierta / cerrada)	540 / 735 mm
Tensión de alimentación	: 3 x 380V, 50Hz. (Otros según necesidad)
Potencia	4 kW
Peso	0kg

Tabla N°3 Características técnicas

### **Máquina para ensayos de torsión con control computarizado**



Fig. N°10 Máquina para ensayo de torsión con control computarizado

La máquina para ensayos de torsión con control computarizado WNJ es utilizada para realizar pruebas de torsión a diferentes materiales y componentes, teniendo en cuenta los estándares GB10128-88. Está equipada con computador, sistema de control servo motor AC y reductor con rueda cicloidal, el cual activa el sistema para realizar la rotación. Tanto el par como el ángulo de torsión se miden a través de un tensor de par de alta precisión y un codificador fotoeléctrico. Por lo tanto, el computador permite visualizar el ángulo de torsión de par, la tasa de aceleración, los valores máximos del ensayo y otros parámetros en tiempo real.

Puede ser operada de manera manual o automática. Su motor servo AC y su transmisión puede ejercer carga de par en sus dos direcciones. Adicionalmente, el par es medido a través de un sensor simétrico de alta precisión. Por su parte, el ángulo de torsión se mide a través de un codificador optoelectrónico LEC. La zona de prueba puede ser ajustada a través de la baja fricción lineal del rodamiento y el eje guía lineal.

Especificaciones de la máquina para ensayos de torsión con control computarizado.



Modelo	WNJ-200	WNJ-500	WNJ-1000	WNJ-2000	WNJ-3000
Par máximo	200N.m	500N.m	1000N.m	2000N.m	3000N.m
Rango efectivo de ensayo	2% ~100%				
Velocidad de carga de par	1 °/min. ~200 °/min.				
Error de par (relativo)	±1%				
Rango de medición del ángulo de torsión	0 ~1800 °				
Error del ángulo de torsión (relativo)	±1%				
Resolución mínima del ángulo de torsión	0.1 °				
Distancia máxima entre los dos mordazas	500mm	500mm	600mm	600mm	600mm
Diámetro de la probeta	Φ6 ~φ12mm		Φ8 ~φ30mm		
Dimensiones generales	1420x520x500mm		1700x820x500mm		
Voltaje	220V, de acuerdo con los estándares nacionales de configuración de voltaje				
Peso	400kg	450kg	500kg	550kg	600kg
Computador	Lenovo				
Impresora	Impresora ink-jet a color HP A4				
Software	WINDOWS xp				

Tabla N°4 Especificaciones de máquina de ensayo computarizado

## Máquina para ensayos de torsión para alambre de metal



Fig. N°11 Máquina para ensayo de torsión para alambre de metal

La máquina para ensayos de torsión para alambre de metal EZ es utilizada principalmente para medir la resistencia a la deformación de la superficie plástica de cables de metal y cables de acero, los cuales son expuestos a fuerzas de torsión en una sola dirección o en dos direcciones. Los defectos de la superficie son presentados en el reporte de la prueba.

Ofrece varias velocidades de rotación para su elección. La fuerza en la dirección axial es ejercida por una palanca, en relación 10:1, con peso estándar. Entre tanto, el motor eléctrico acciona la placa móvil para jalar la línea y ubicar peso sobre el nivel de posición; después el motor de rotación trabaja hasta obtener la fractura de la probeta. El número de rotación del bucle se presenta a través del tubo LED digital, con una capacidad máxima de lectura de 999.9 bucles. Después de la fractura, el número de bucles se fija automáticamente.

## Especificaciones

Modelo	EZ-3	EZ-10
Diámetro de prueba (mm)	$\Phi 1\text{--}\Phi 3\text{mm}$	$\Phi 3\text{--}\Phi 10\text{mm}$
Velocidad de rotación (mm)	60,90,120	30,60
Longitud de sujeción del cable (mm)	100—300	300--500
Número máximo de vueltas inversa	999.9	

Tabla N°5 Especificaciones de la máquina de torsión para alambre de metal.

## **Máquina de prueba de torsión / horizontal / mecánica torsionline series**



Fig. N°12 Máquina para prueba de torsión horizontal

### Características

Tipo de prueba: De torsión

Otras características: Horizontal, mecánica

### **Máquina de ensayos de materiales Torsión Line de 20 a 500 Nm**

Las máquinas de ensayos de torsión Line con servomotores AC están diseñadas para ensayos de torsión uniaxiales con carga por peso.

El momento de giro tiene un alcance de 20 Nm hasta 2.000 Nm El eje de torsión en este tipo de máquinas ensayos Torsion Line está en posición horizontal.

La torsionline ofrece un máximo en rigidez y garantiza una medición del ángulo de giro de gran precisión, por todo el rango de momento de giro. Gracias a su alta resolución, también puede alcanzar una elevada repetitividad.

La máquina de ensayos de torsión está asegurada con un dispositivo de protección con bloqueo eléctrico. El ensayo de torsión sólo es posible si primero se ha cerrado el dispositivo de protección.

Gracias al diseño modular de la máquina de ensayos de torsión se puede aprovechar una amplia gama de accesorios opcionales del programa Zwick.

Para el ensayo de torsión se emplea la electrónica de medición, control y regulación test control.

Principales campos de aplicación:

- Plásticos
- Materiales metálicos, p. Ej. Ensayo de carga alternada en cables, DIN EN 2002-13
- Productos de la industria médica, p.ej. Tornillos metálicos para huesos, ISO 6475
- Sistemas de fijación y conexión
- Tornillos en general
- Materiales compuestos
- Ejes articulados
- Cojinetes de motor

Con las máquinas de ensayos de torsión Line TL020, TL200 y TL500 se analiza cómo influye la torsión en materiales y componentes de 20 a 500 Nm. Esta serie integra una protección de sobrecarga mecánica que protege el transductor de torsión al insertar la probeta. Se garantiza un gran volumen de probetas, gracias al amplio rango de velocidad de ensayo.

## **Torsionline de 1000 a 2000 Nm**

Con las máquinas de ensayos de torsión torsionline TL1000 y TL2000 se analiza cómo influye la torsión en materiales y componentes de 1000 a 2000 Nm.

## **Máquina de prueba de torsión / axial / dinámica / servohidraulica 8850**



Fig. N°13 Máquina para prueba de torsión servohidraulica 8852

### Descripción

Los 8852 es un sistema de prueba dinámico servohidraulica del modelo del piso que proporciona un actuador axial y de la torsión combinado en la cruceta superior. Con una precisión alineada, el marco del gemelo-columna del alto-tiesura, el sistema servohidraulic 8852 cubre las demandas desafiantes de una gama variada de requisitos de prueba biaxiales estáticos y dinámicos.

Los sistemas mecánicos de la precisión, combinados con las características avanzadas de un regulador digital 8800 con dos ejes y de un Dynacell™ cansancio-clasificado axial-torsional, permiten a Instron suministrar soluciones de llavero completamente integradas para resolver los usos más exigentes.

El software de la consola proporciona control de sistema completo de una PC, incluyendo la generación de la forma de onda en ambas hachas, calibración, disposición del límite, y supervisión de la situación. Añada el software del cargamento de bloque de wavematrix™ para las pruebas simples y avanzadas de la axial-torsión en los materiales o los componentes, o el software de Bluehill® para las pruebas estáticas en el axis. \ el /html axiales”.

## **Máquina de prueba de torsión / de materiales / horizontal / electromecánica MT series**



Fig. N°14 Máquina de prueba de torsión MT Series

### Características

Tipo de prueba: De torsion

Tipo de producto: de materiales

### Otras características:

Horizontal, electromecánica, automática, con comando numerico

### Descripción

Diseñado sobre todo para (565 nanómetros - 5.650 nanómetros) la prueba de capacidad media de la torsión de materiales y de componentes, los sistemas de la torsión de la TA ofrecen capacidad exacta, de varias espiras, y tiesura alto-rotatoria. La célula del esfuerzo de torsión del sistema se ata a una cruceta movable, que se puede colocar en cualquier ubicación a lo largo de la diapositiva lineal. El servo control a circuito cerrado de la impulsión electromecánica es proporcionado por la electrónica del control de Instron 5900 y el software de Bluehill®.

## Características

El diseño linear dual de la diapositiva proporciona alta torsión rotatoria.

- El sistema ajustable de la cruceta permite la colocación fácil dondequiera a lo largo de diapositiva linear.
- El guardia entrelazado de la tirada aumenta seguridad del operador.
- Electrónica del control numérico tener en cuenta resultados de la prueba exactos y repetibles y la respuesta de control rápida para el esfuerzo de torsión y el ángulo.
- El software de prueba de la torsión ofrece la disposición de prueba fácil, diagramas gráficos de los datos, el cálculo automático de los resultados de la prueba deseados, y las herramientas de información flexibles.
- Diseño tablero grande

### **b. Tipos de torsiómetro**

Existen diversos tipos de Torsiómetros, los más conocidos son los siguientes:

#### **Torsiómetro mecánico:**

Cuanta con un banco de ensayos destructivo de torsión (**Fig. N°15**), nos vale para entender el concepto de torsiómetro mecánico. En la siguiente figura podemos ver una probeta (un eje por ejemplo) al que se le aplica un esfuerzo de torsión girando el volante. Podemos observar los parámetros como ángulo de torsión a través del dispositivo de medición móvil.

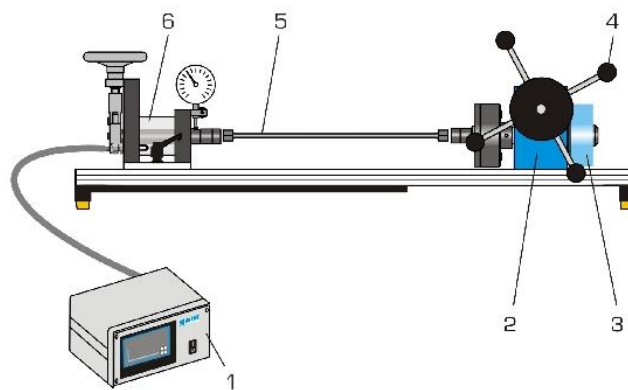


Fig. N°15 Banco de ensayos mecánico

1. Amplificador de medida con indicador



2. Engranaje de tornillo sin fin
3. Codificador incremental
4. Volante para el momento de torsión
5. Probeta
6. Dispositivo de medición móvil con árbol de momento de torsión de galgas extensiométricas y unidad de compensación.

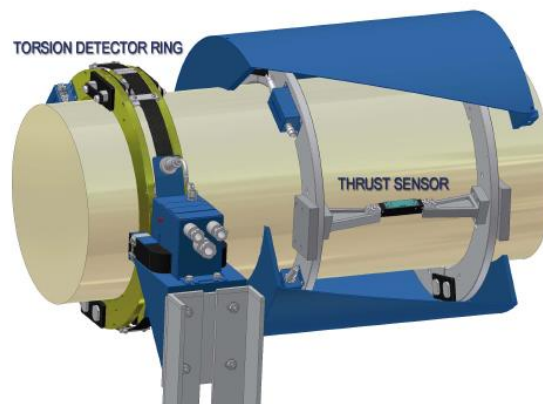


Fig. N°16 Torsiómetro mecánico

### **Torsiómetro óptico:**

Proporciona una medición de alta precisión con un tramo del eje de solo 70 mm - 120 mm de longitud aparentemente hay poca torsión del eje en un tramo tan corto de análisis, no obstante es suficiente para alcanzar una lectura precisa con un sensor de desplazamiento de alta sensibilidad que dispone de una resolución mínima de 0.07 micras.

Los torsiómetros instalados actualmente en buques suelen ser de este tipo ya que combinan dos mediciones en un mismo dispositivo; el Torque (Torsion Detector Ring) y el Empuje del eje (Thrust Load Sensor), este último mide el movimiento longitudinal del eje.

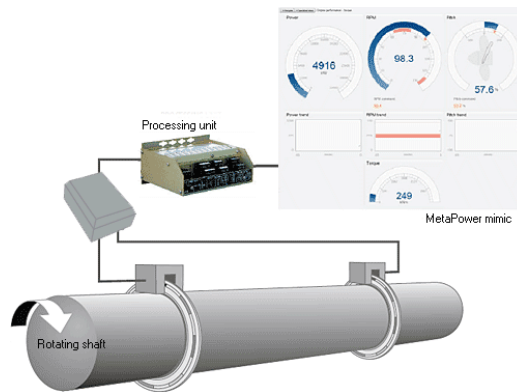


Fig. N°17 Torsiómetro óptico

### Torsiómetro con bandas extensiométricas:

Una galga extensiométrica es un sensor que mide la deformación, presión, carga, par, posición, etc. Y se basa en el efecto piezorresistivo, propiedad que tienen ciertos materiales a cambiar su valor nominal en cuanto a la resistividad como se les somete a ciertos esfuerzos y se deforman en dirección de los ejes mecánicos.

Un esfuerzo que deforma la banda extensiométrica producirá una variación de su resistencia eléctrica, esta deformidad produce una variación en la longitud de onda que recibe el transductor y a través de una unidad de proceso, representa los esfuerzos a los que se ve sometido el eje.

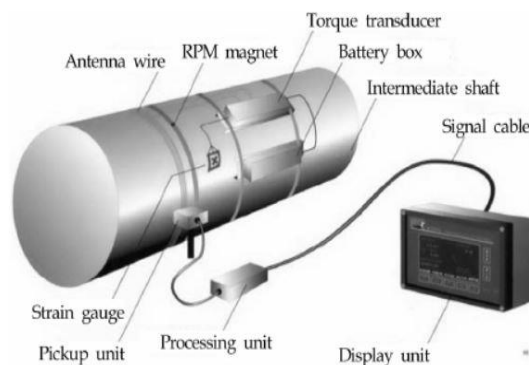


Fig. N°18 Torsiómetro con bandas extensiométricas

## V. Análisis y presentación de resultados

### 5.1 Diagnostico

Para poder realizar el mantenimiento de la máquina de ensayo previamente se necesita diagnosticar las fallas que mantienen la máquina inhabilitada para su uso y deben ser corregidas para la explotación del equipo.

#### Estructura y aspecto exterior

Al llegar a este punto de la restauración se toma en cuenta el deterioro de la superficie, la pintura y de las placas.

Tiene una estructura robusta; la mayoría de las partes son hechas por fundición por lo que en su interior tiene ciertos detalles.

La pintura en la superficie de la estructura y partes de la máquina se encuentra en algunas secciones separada de la superficie.

Las placas que contienen los datos de la máquina se encuentran borradas por los años, de tal forma que no se logra distinguir por completo lo que tiene escrito.



Fig. N°19 Placa con datos técnicos



Fig. N°20 Vista de alzado de la máquina de torsión



Fig. N°21 Vista lateral de la máquina de torsión

### 5.1.1 Sistema mecánico

El sistema mecánico de este equipo de torsión se restringe a las partes fijas y las partes móviles que permiten inserción y extracción de la probeta, además de la torsión de la misma.

El mecanismo se encuentra en buen estado, realiza de forma eficiente el ensayo de torsión y se considera que cumple con su propósito.

En el sistema mecánico de esta máquina de ensayo, se diagnostica lo siguiente.

#### 5.1.1.1 Barra cilíndrica de acero rectificado.

Posee un alto nivel de oxidación debido a la exposición y falta de lubricación y polvo. Además de que tiene golpes a lo largo de todo el ancho.



Fig. N° 22 Vista lateral barra de acero rectificada



Fig. N° 23 vista frontal barra

En la sección del chavetero le faltaban los prisioneros Allen de 3/16 pulgadas en los extremos de la chaveta, en la barra.

#### 5.1.1.2 Cabezal fijo

Se encontró en perfecto estado, solo tenía pequeños daños en la pintura y no tenía lubricación donde se introduce la parte roscada del clavijero.



Fig. N° 24 Cabezal fijo

#### 5.1.1.3 Rodillo de agujas.

Está ubicado en el cabezal fijo, carece de lubricación aunque de igual manera bajo esas condiciones cumple con su función, en la superficie tiene oxido.



Fig. N° 25 Rodillo de agujas

#### 5.1.1.4 Cabeza de ajuste manual.

Tiene residuos semisólidos de aceite expuestos en el eje, daños significativos en la pintura y grasa solida adherida en su interior.



Se mueve libremente a lo largo de su longitud para el posicionamiento y extracción de la probeta, lo cual se limita en su totalidad el desplazamiento debido a la corrosión, se mueven con mucha dificultad y mucha presión, lo cual impide su retorno de manera fácil.



Fig. N° 26 Cabeza de ajuste manual

#### **5.1.1.5 Tapa lateral del tornillo sin fin.**

Tiene daños en la pintura, los empaques sucios llenos de aceite semisólido adherido en cada rincón y un poco de sarro debajo de la capa de pintura.



Fig. N° 27 Tapa lateral tornillo sin fin



#### 5.1.1.6 Caja de engranes de reducción de tornillo sin fin

Ubicada dentro de la cabeza de ajuste manual tiene sedimentos sólidos y semisólido de lubricante, debido a un mantenimiento nulo. El tornillo sin fin tiene grasa incrustada al igual que la corona.



Fig. N°28 y 29 Sin fin y corona

#### 5.1.1.7 Eje de acero rectificado

Este eje tiene en su totalidad oxido y restos de pintura en la parte roscada.



Fig. N°30 Eje de acero rectificado

#### 5.1.1.7.1 Resorte de compresión

Este resorte es resistente a la fatiga, superficialmente tiene oxido, no posee señas de picadura su función la cumple bien.



Fig. N° 31 Resorte de compresión

#### 5.1.1.8 Mordazas de precisión

En la parte externa se veía sucio, lleno de pequeños sedimentos semisólidos de grasa y oxido. En la parte interna se encontraron fisuras superficiales debido a una mala manipulación y uso de fuerza innecesaria.



Fig. N° 32 Vista de planta Mordaza de precisión



Fig. N° 33 Vista de alzado mordaza



Fig. N° 34 mordazas

#### 5.1.1.9 Marco del clavijero.

Posee restos de aceite, desgaste en la pintura y falta de lubricación en la parte roscada. Los pernos de Allen fueron introducidos a presión y en la posición incorrecta por lo que se encontraban agarrotados.



Fig. N°35 Marco del clavijero

#### 5.1.1.10 Brazo de torsión en posición horizontal

Se encuentra en buen estado exceptuando donde va ubicado el muelle de resorte el cual tenía restos de aceite sólidos y polvo.



Fig. N° 36 Brazo de torsión horizontal equilibrado

#### 5.1.1.11 Volante horizontal y volante vertical

Se encuentran en perfecto estado, giran con facilidad a pesar de que carecen de lubricación y no tienen señalización.



Fig. N° 37 y 38 volante horizontal y volante vertical

#### 5.1.1.12 Abrazadera bloqueadora

La base tiene oxido y sarro superficialmente debajo del desgaste en la pintura.



Fig. N° 39 Abrazadera (bloqueadora)



### 5.1.2 Sistema de instrumentación y control

No cuenta con el nivel de línea (burbuja) requerido sobre el brazo de torsión.

#### 5.1.2.1 Contador de revoluciones

Los números están desvanecidos y se borran al tacto, carecía de lubricación aunque su mecanismo funcionaba en esas condiciones. La pintura en ciertas partes de la superficie estaba dañada.

No se lograba leer a través de la plaquita transparente.

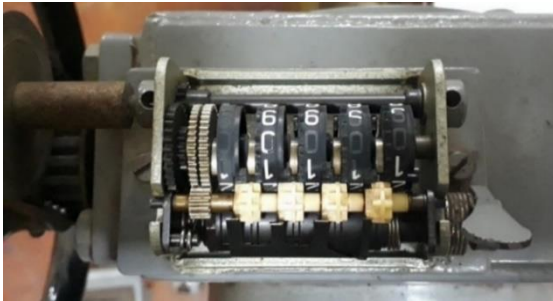


Fig. N° 40 y 41 Contador de revoluciones

#### 5.1.2.2 El Muelle de resorte manual (Balanza análoga)

Posee sarro debajo de la capa de pintura, daños en la misma, la aguja esta doblada, en este balanza viene un dispositivo nivelador de tornillo estaba siendo oprimido debido a la capa de pintura que tenia de forma superficial, lo cual hacia su desplazamiento un poco forzado.

El detector de par unidades Nm tiene daños en los datos (las divisiones y los números). El gancho de la balanza tiene daños en la pintura y la barra roscada tiene restos de pintura, sarro y daño en los hilos, lo cual dificulta el desplazamiento de la rosca.

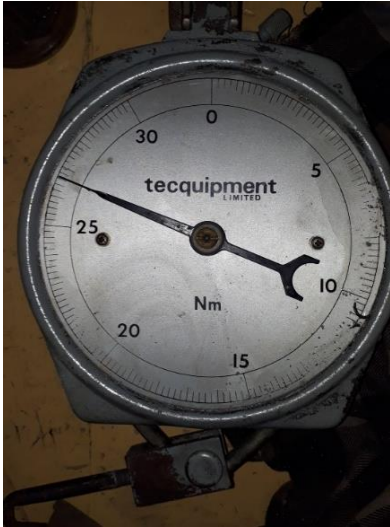


Fig. N° 42 y 43 Muelle de resorte manual



Fig. N° 44 Tornillo nivelador



Fig. N 45 y 46 Gancho y barra roscada

#### 5.1.2.4 Escalas de transportador

Eje de entrada y el eje de salida; los datos están borrados, tiene suciedad, polvo adherido y grasa superficialmente. Además de desgaste por fricción al momento del giro.



Fig. N° 47 y 48 Escalas de transportador de 0°-360° y 0°-6°

### 5.2 Mantenimiento integral y puesta en marcha

#### 5.2.1 Mantenimiento integral del equipo

Una vez culminado el diagnostico, se procedió a realizar la limpieza a cada una de las piezas que posee la máquina, tanto las partes mecánicas como las partes de instrumentación, para esto se realizan las siguientes actividades:

Desmontaje de las piezas, de tal modo que queden montadas en la mesa de trabajo.

En ciertas partes de la máquina la pintura fue imposible de remover con espátula o lijas por lo que se utilizó un removedor liquido de pintura en cada una de las partes desmontadas en las que se aplicó el producto con brochas y guantes ya que es un producto químico fuerte, se distribuyó en las piezas, se deja actuar de 15 a 20 minutos tiempo que el producto recomienda, pasado el tiempo se comenzó a retirar con una espátula y lija.

La mayor parte de la máquina presenta varias capas de pintura, al quitar estas capas de pintura quedó una capa base original por lo que se tiene que repetir el

mismo procedimiento a quitar la pintura en su totalidad con ayuda de un taladro y discos para pulir.

Para que la superficie no quedara con defectos se removió la masilla que tenía en ciertas partes que fueron fabricadas por fundición y tenían imperfecciones, se lijo con una variedad de lijas de distintos calibre para un mejor acabado. (Detalles más adelante).

Luego de esto se limpia toda la estructura y cada una de las partes desmontadas con un desengrasante y posterior a este con diluyente para pintura para quitar cualquier residuo de aceite, grasa, cualquier suciedad o removedor de pintura el cual impediría la adherencia de la pintura en las superficies.

## **5.2.2 Maniobras Mecánicas**

### **5.2.2.1 Barra cilíndrica de acero rectificado.**

Al realizar el mantenimiento de esta barra, se procedió a limpiar de restos de aceite que tenía; seguidamente se montó en una prensa hidráulica para desmontar del cabezal fijo debido a que entra a presión, luego se posiciono en el torno ya que ese era el mejor método para eliminar cualquier rastro de óxido y tener un mejor acabado y un resultado más parejo.

Los parámetros utilizados son:

Nivel	Velocidad en RPM	Lija de agua N°
1	370	180
2	495	400
3	890	2000

Tabla N° 6 Parámetros del uso del torno

Para el chavetero se usó una lija 400 y para un mejor acabado una lija 2000.

Por último se utilizó aceite SAE 60W vaselina simple para evitar el óxido y la corrosión debido a los cambios de temperatura a la que la barra es expuesta.





Fig. N°49, 50 y 51 Barra de acero

#### 5.2.2.2 Cabezal fijo

Esta parte tenía varias capas de pintura por lo que se utilizó removedor, seguidamente se usó lija de agua 60 y 120 para quitar restos de pintura, luego 180 y para quitar imperfecciones y para finalizar darle mejor acabado se limitó a utilizar una lija 400.

Posteriormente se aplicó una capa base de pintura, esta ayudara a sellar mucha de las imperfecciones que había. Una vez aplicada la primera capa de pintura se dejó secar y antes de aplicar la segunda capa se lijo un poco con una lija número 220 para reducir imperfecciones.

Seguido se hizo la aplicación dos capas de pintura para evitar que alguna parte no quedara cubierta.

Finalmente se aplicó una capa de barniz o pintura en spray transparente, la cual protege la pintura principal y da brillo a la máquina.



Fig. N° 52, 53, 54 y 55 Cabezal fijo

### 5.2.2.3 Cabeza de ajuste manual.

Primeramente se procedió a extraer la corona acanalada con el eje, seguidamente se usó diésel para remover la grasa adherida a las paredes internas de la caja de reducción y un desengrasante para eliminar cualquier suciedad.

Al igual que el cabezal fijo esta cabeza de ajuste manual, esta caja tenía varias capas de pintura por lo que se utilizó removedor, seguidamente se usó lija de agua 60, 100 y 120 para quitar restos de pintura, luego 180 y para quitar imperfecciones y para remover los restos de masilla, para finalizar y darle mejor acabado se limitó a utilizar una lija número 400.

Después se aplicó una capa base de pintura, esta ayudara a sellar ciertos detalles. Una vez se aplicó la primera capa de pintura se dejó secar y antes de aplicar la segunda capa se lijo un poco con una lija número 220 para reducir imperfecciones.

Seguido se hizo la aplicación dos capas de pintura para evitar que alguna parte no quedara cubierta.

Una vez pintada se armó nuevamente y se le aplico grasa roja semisólida al sin fin y a la corona para que puedan moverse libremente. Finalmente se aplicó una capa de pintura en spray transparente, para proteger la pintura y dar brillo a la máquina.



Fig. N°56, 57, 59 y 60 Cabeza de ajuste manual

#### 5.2.2.4 Tapa lateral del tornillo sin fin.

Se aplicó desengrasante para limpiar los empaques y cualquier suciedad y se le aplicó removedor de pintura, se dejó actuar por media hora y se procedió a lijar con lija número 220 y luego 400 para mejor acabado.

Seguidamente se les aplicó la primera capa de pintura se dejó secar y se le dio con una lija número 400 para poder darles las siguientes capas de pintura.

Para finalizar se pintaron los pernos en color negro y se barnizaron para proteger la pintura.



Fig. N°61, 62 y 63 Tapas laterales

#### 5.2.2.5 Caja de engranes de reducción de tornillo sin fin

Se le aplicó diésel para arrancar los restos de grasa adherida en los dientes de la corona, se cepilló para alcanzar los espacios más pequeños luego se le aplicó desengrasante se dejó actuar, se limpió y seguidamente se le aplicó removedor de pintura a la parte de la tapa que complementa la caja, a esta tapa se le aplicaron

dos capas de pintura y para terminar con la tapa se barnizo; y al tornillo sin fin y a la corona se lubrico con grasa semisólida.

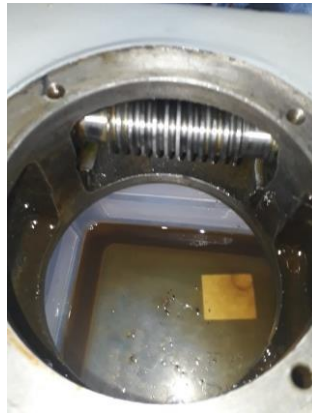


Fig. N° 64 Sin fin



Fig. N°65 Corona

#### **5.2.2.6 Eje de acero rectificado y resorte de compresión**

Par realizar el mantenimiento de este eje, se limpió con desengrasante para eliminar la suciedad y restos de aceite, se procedió a utilizar un taladro con discos de pulir para eliminar el óxido, las partes que se podían desarmar fueros separada para limpiar con mayor precisión.

El resorte de compresión se pulió con el disco más pequeño para quitarle todo rastro de oxidación.





Fig. N°66 Resorte de compresión

#### 5.2.2.6.2 Mordazas de precisión

Lo que respecta a las mordazas estas se desarmaron en su totalidad y se limpiaron detalladamente con lija número 220 y luego con una 400 para dejar un mejor acabado, se engraso adecuadamente y se procedió a armar.

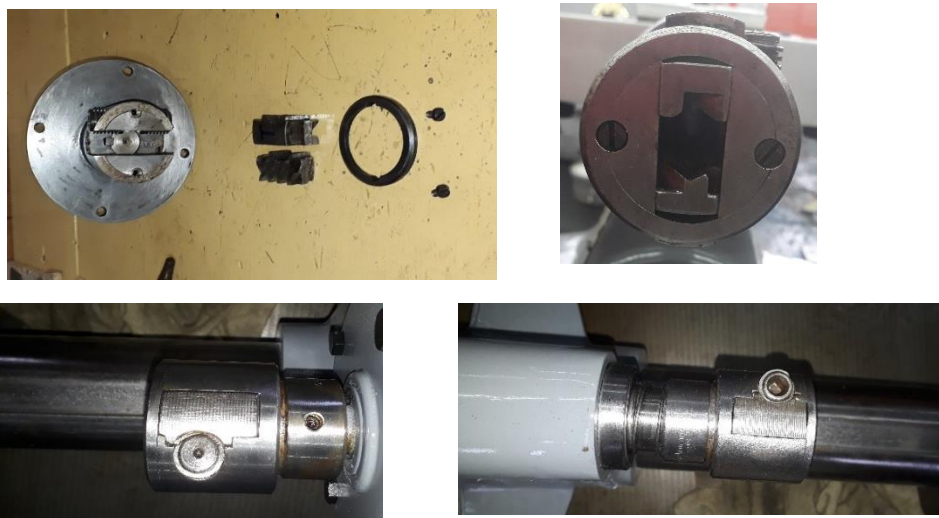


Fig. N° 67, 68, 69 y 70 Mordaza

#### 5.2.2.9 Marco del clavijero

Para iniciar el mantenimiento del marco se inició desarmando la estructura; se trabajó primero la barra cuadrada superior esta se limpió con desengrasante, luego se lijo con unas lijas número 100, 180 y 220 luego para dejar lo más uniforme posible, luego de haberse lijado se procedió a pintar con spray negro una vez seco se le aplicaron las calcomanías que hacen referencia a la UNI y se

barnizo; en lo que respecta a las barras circulares se montó en el torno y se aplicaron los parámetros siguientes:

Nivel	Velocidad en RPM	Lija de agua N°
1	410	220
2	555	400
3	890	2000

Tabla N°7 Parámetros del uso del torno

Para finalizar luego se le aplicó un tratamiento anticorrosivo que se dejó actuar por dos minutos y luego se lija un poco con una lija número 2000 para que dé más brillo.



Fig. N° 71 Marco del clavijero

#### 5.2.2.10 Volante horizontal y Volante vertical

Se limpió con desengrasante y se le dio una capa de pintura para darle más brillo y protección. Además se le aplicaron calcomanías con flechas para saber la dirección correcta en que se deben aplicar el giro.



Fig. N° 72 y 73 volante horizontal y volante vertical

#### 5.2.2.11 Abrazadera bloqueadora.

Se removió la pintura, se lijo con lija número 220 y 400 porque poseía sarro debajo de la pintura, se limpió para eliminar cualquier suciedad y se aplicó la primer capa de pintura, se dejó secar se lijo superficialmente y se aplicó la segunda capa de pintura, luego se le aplicó una capa de barniz transparente para proteger la pintura.



Fig. N°74 Abrazadera

#### 5.2.2.12 Contador de revoluciones

Primeramente se removió la pintura de la tapa del contador con thinner acrílico se dejó reposar por unos minutos y la pintura se removió completamente, se lijo la superficie para que la primer capa de pintura quede adherida, se dejó secar al aire libre y se aplicó dos capas más para cubrir cualquier imperfección y evitar que la



pintura se desprenda con facilidad. También se le aplicó una capa de barniz transparente. Además se pintaron los tornillos que mantienen el contador adherido a la cabeza de ajuste manual.

Para arreglar los números limpiaron con un aplicador de algodón absorbente y acetona para limpiar la superficie luego se pusieron impresiones en papel de calcomanía para que los números no se borren y para asegurar de que no se despeguen se le aplicó esmalte transparente con cuidado para no afectar el funcionamiento. La plaquita transparente se reemplazó con una pequeña lámina de filmina.

El mecanismo se lubricó con aceite SAE 40W para que se mueva libremente. Se procedió a armar.



Fig. 75 y 76 Tapa del contador



Fig. N° 77 y 78 Contador

#### 5.2.2.13 El Muelle de resorte manual (Balanza análoga)

Para el mantenimiento de la balanza se procedió a desarmarse para ver las condiciones que tenía en su interior, se limpió el muelle y se engrasó el mecanismo del resorte, la aguja medidora de regreso a su forma correcta ya que estaba doblada, en lo que respecta al tornillo nivelador se le removió por completo los restos de pintura y se limpiaron los hilos de la varilla roscada; lo que es la parte externa se le removió la pintura con el mismo proceso que a las otras partes y estaba bien adherida y tenía varias capas se utilizó un espátula y lijas número 60,

100 y una 400 para un mejor acabado. Finalmente se le aplicó un tratamiento anticorrosivo para evitar cualquier daño por la exposición al aire.

Los pernos y tornillos que les quito también la pintura y se volvieron a pintar pero en color negro, se pintó toda la estructura, luego de la primer capa se dejó secar y se lijo un poco y se agregaron dos capas más de pintura mas además de la capa de barniz al final aplicado a toda la balanza, también sobre el adhesivo de los números para una mayor protección.

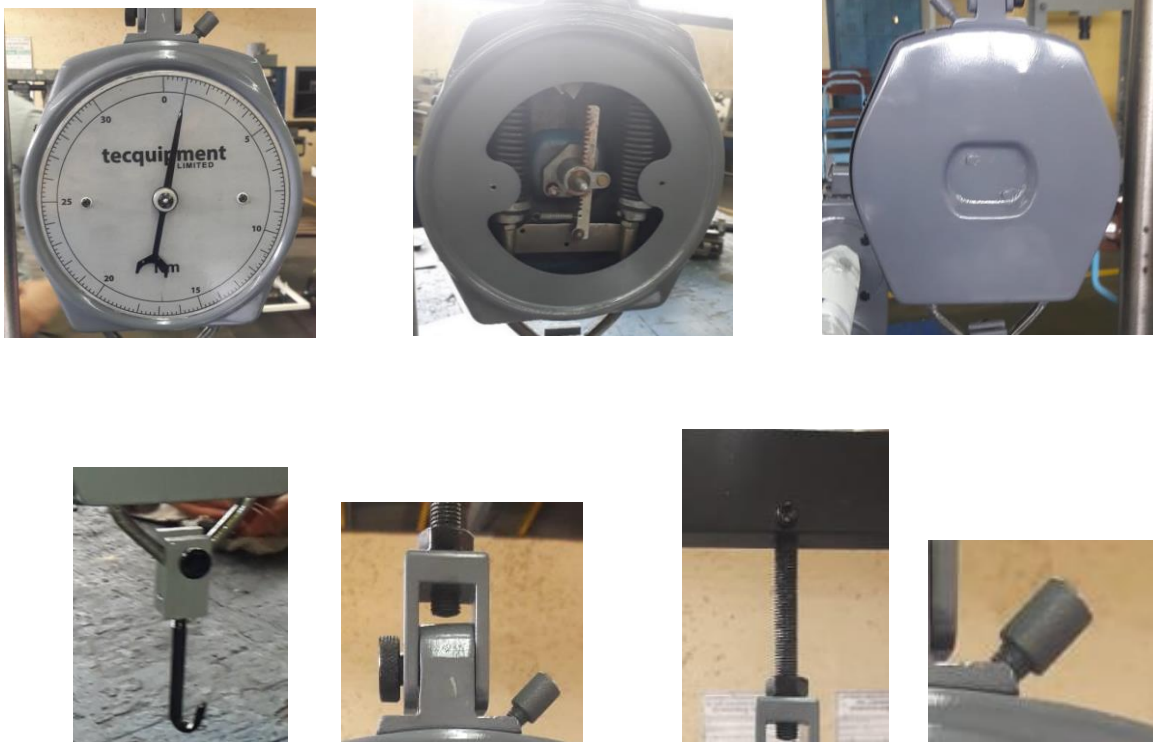


Fig. N° 79, 80, 81, 82, 83, 84 y 85 Muelle de resorte (balanza análoga)

#### 5.2.2.14 Escalas de transportador

En lo que respecta al mantenimiento, para ambas escala tanto la de desplazamiento angular de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$  y la escala de transportador más preciso de  $0^{\circ}$  a  $6^{\circ}$  grados se le aplicó un poco de desengrasante para limpiar la suciedad. Como tenía datos borrosos se decidió aplicarle una calcomanía con los mismos datos y se barnizo para asegurar y proteger. El tornillo moleteado se limpió y luego se pintó de color negro.



Fig. N° 86 y 87 Escala de transportador de 0°-360° y de 0°-6°

### 5.2.15 Banda

Primeramente se cambió lo que fue la correa esta era 80XL025, a continuación se presenta un cuadro comparativo con algunas diferencias:

Banda Antigua		Banda nueva	
Numero de pieza	80XL025	Numero de pieza	80XL027
Perfil	Banda de tiempo	Perfil	Banda de tiempo
Numero de dientes	40	Numero de dientes	40
Longitud	203mm/8inch	Longitud	203mm/8in
Ancho	0.25 inch/ 6mm	Ancho	0.27 inch/ 7mm

Tabla N° 8 Comparación de bandas

Todas las medidas eran iguales con la única diferencia que la banda 80XL027 es un poco más ancha que la original por lo que alcanza a la perfección en las poleas dentadas y habiendo realizado cierta cantidad de pruebas a la máquina se pudo confirmar que trabaja a la perfección.



Fig. N°88 Banda nueva 80XL027

### 5.2.16 Nivel de burbuja

También se le incorporo un nivel de burbuja al brazo horizontal ya que el manual describe que la máquina lo trae pero no lo tenía por razones desconocidas, además se le adiciono un nivel de imán al eje para que la máquina a la hora de realizar la prueba este nivelada a la mesa de trabajo.

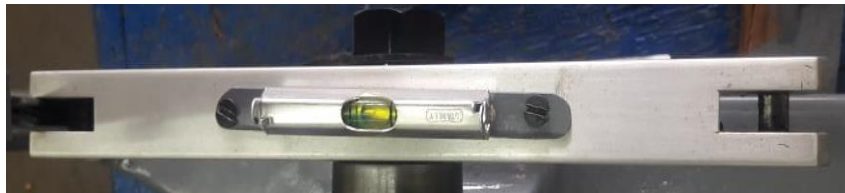


Fig. N°89 nivel de burbuja incorporado



Fig. N°90 Nivel de imán adaptación eje (barra)

### **5.2.17 Torsiómetro**

Es un accesorio para la máquina de ensayo de torsión empleado para analizar la potencia efectiva realizada por el par motor a través de la medida del ángulo de torsión y el número de revoluciones; también ayuda a encontrar el módulo de rigidez (modulo cortante)

Este se utiliza para mediciones que requieren una mayor precisión acerca de la deformación tanto en el rango plástico como en el elástico de la probeta debido a sus propiedades de endurecimiento; para su funcionamiento requiere de un Comparador de caratula con una precisión de (0.001 mm) en radianes

#### **Diseño del instrumento**

Debido a la inexistencia de este aparato en el laboratorio se procedió a elaborar el diseño con respecto a las indicaciones que se presentaban en el manual de la máquina de ensayo de torsión Tecquipment este fue diseñado para adaptarse única y exclusivamente a las muestras de pruebas estándar (Fig. N° 3).

Este Torsiómetro fue elaborado en acero al carbono, con los planos entregados al tornero. Los cuales aparecen en los anexos.

### **5.3 Líneas Futuras**

#### **5.3.1 Uso del equipo**

El uso fundamental del equipo de torsión es principalmente para uso docente en las prácticas de resistencia de materiales, además esta puede ser utilizada para brindar servicios a la sociedad ya que al momento que se dé la importación al país de materiales como acero, hierro fundido, latón, aluminio, etc. estos pueden requerir valores de torsión como medio de comprobación.

También se puede emplear su uso para estudios de torsión, trabajos de maestrías y trabajos monográficos que requieran la utilización del equipo para la justificación de sus datos.

### 5.3.2 Uso docente

La Máquina de ensayo de torsión para uso docente es más que todo para realizar las prácticas de laboratorio de la carrera de Ingeniería Mecánica en el área de Resistencia de materiales.

#### 5.3.2.1 Guía práctica de laboratorios para estudiantes

A continuación se muestra la guía práctica de los estudiantes, con datos generales de la máquina de torsión y el uso del torsiómetro.

#### Guía de laboratorio de ensayos de Torsión



Fig. 1 Máquina de prueba de Torsión TECQUIPMENT





Fig. 2 Torsiómetro

## INTRODUCCION

Esta máquina de ensayo de torsión de montaje en banco ha sido diseñada principalmente para uso en establecimiento docentes de ingeniería y puede usarse para demostrar de forma rápida sencilla y precisa la validez de la ecuación de torsión elástica y también para pruebas avanzadas de materiales. La máquina utiliza probetas de prueba de 6 milímetros (1/4 pulgada) de diámetro estándar. La probeta se mantiene en la máquina con mandriles de precisión especialmente elegidos para sostener barras de sección hexagonal y por esta razón se recomienda encarecidamente que la probeta tenga en los extremos con esta sección o menos preferente que las muestras para su uso educativo se fabriquen de serie barras hexagonales comunes.

Para una medición de tensión más precisa, por ejemplo para la determinación precisa del módulo de rigidez, Tecquipment ofrece un Torsiómetro especialmente diseñado para encajar en las muestras 1/4 de pulgadas estándar. El torsiómetro, cuya descripción completa se encuentran después de acomodar el rango de tensión ilimitado y por lo tanto la diferencia de la mayoría de los extensómetros (instrumento de precisión con el cual se miden las deformaciones de las piezas sometidas a esfuerzos de tracción o compresión), se pueden usar tanto en el rango elástico como en el plástico.

La máquina de Torsión y torsiómetro se muestran en la figura 1 y figura 2 respectivamente.

## DESCRIPCION DE LA MÁQUINA DE PRUEBAS DE TORSION.

Como se muestra en la figura 3.

Dos características fundamentales de este aparato son su robustez y simplicidad de funcionamiento, dos factores que lo hacen ideal para el uso de estudiantes. La máquina consiste en una base rígida (A), formada por una barra de acero rectificada de 76 milímetros (3 pulgadas) de diámetro, que lleva un cabezal fijo (B) en su extremo y una cabeza de ajuste manual (C) que se le pueden mover libremente a lo largo de su longitud. La cabeza tensora es básicamente una caja de engranes de reducción de tornillo sin fin dispuesta para deslizarse en una relación de transmisión 60:1 de radio que está montada en una abrazadera (D) para bloquear la cabeza posición a lo largo de la base de acuerdo con la longitud de una probeta bajo prueba. Un acero endurecido y rectificado (E) a través del cabezal, es de proporciones sustanciales y está montado en un rodillo de aguja. También es libre de moverse longitudinalmente para permitir el ligero cambio en la longitud que normalmente experimenta la probeta cuando se somete a una carga de torsión + los rodamientos (F) son el extremo liviano del cabezal y todo el conjunto del eje se pierde por el resorte de compresión del brazo (G) en el extremo libre de este eje se coloca un brazo de torsión equilibrado (H) de 125 milímetros (5 pulgadas) de radio y el par aplicado a la probeta en cualquier dirección se puede medir mediante un muelle de resorte circular (J) soportado desde el marco sobre el clavijero. El detector de fallas se calibra directamente en unidades de par de Nm o Lbf/pulg. Un dispositivo de nivelación de tornillo operado por el volante horizontal (K) en la parte superior del armazón de resortes devuelve el brazo de torsión a la posición horizontal.

Un nivel de burbuja (L) fijado en el brazo (H) se usa junto con el volante, para fines de planeamiento horizontal. En el otro extremo del eje principal esta enchavetado un mandril de dos mordazas de precisión. Un porta brocas (Se introducen entre los mandriles) idéntico en el eje de la salida de el cabezal de torsión. La probeta se sujeta firmemente entre estos dos mandriles durante la prueba. El volante en el eje de entrada se utiliza para tensar la probeta.



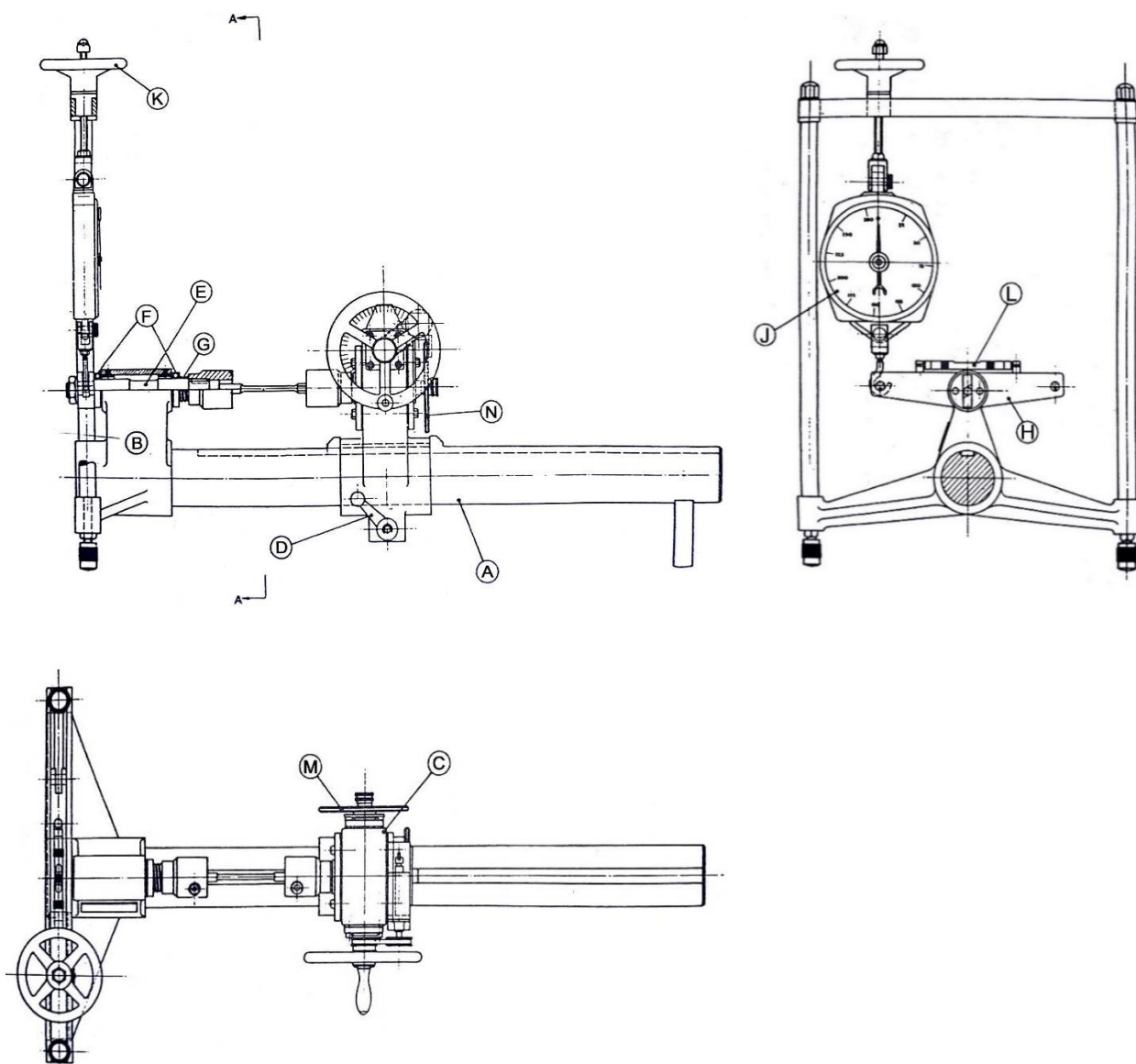


Fig. 3

El esfuerzo de la probeta se puede aplicar en sentido horario o anti horario y se mide en la cabeza de tensión por las dos escalas de transportador (M) y (N) o por un cuentarrevoluciones directamente acoplado a través de una correa dentada al eje de entrada. La escala de transportador (M) en el eje de entrada se gradúa desde  $0^\circ$  hasta  $6^\circ$  en ambas direcciones y se subdividen en intervalos de  $0.5^\circ$  a  $0.1^\circ$  para determinar los desplazamientos angulares finos en la muestra. La escala de transportador (N) en el eje de salida se gradúa de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  en ambas direcciones y se subdividen en 10 y 1 "intervalos" para mediciones de desplazamientos angulares de recorrido; ambos transportadores pueden rotar libremente en sus ejes apropiados y pueden bloquearse en cualquier posición en

el eje mediante tuercas estriadas. El contador de revoluciones simplemente registra las revoluciones del eje de entrada y por lo tanto, cada revolución corresponde a un movimiento de 6° del eje de salida.

Información de la máquina	Métrico	Ingles
Capacidad nominal	30 Nm	300 lbf/in
Diámetro base	76 mm	3 in
Longitud total de la base	914 mm	36 in
Capacidad de la mordaza	12 mm (hexagonal)	½ in A/F
Longitud de la muestra	450 mm	18 in
Peso total	76 kg	1 ½

## MUESTRA DE PRUEBA DE TORSION

Un rango estándar de muestra, tanto métricas como inglesas, pueden ser suministradas por Tecquipment. Cada probeta está marcada con una referencia de código y tiene las siguientes dimensiones. Figura 4

Código de referencia	Especificaciones	Incremento
MT 15	0.15% Acero al carbono (como estirado)	0.5°
MT 15 N	0.15% Acero al carbono (normalizado) a 900° C	0.2°
MT 40	0.40% Acero al carbono (como estirado)	0.5°
MT 40 N	0.40% Acero al carbono (normalizado) a 860° C	0.4°
MT I	Hierro fundido	0.5°
MT X	Hierro fundido latón B.S 249	0.5°
MT R	Aleación de aluminio Bs 1476 H.E. 14 recocido	1.0°

Para diferenciar las probetas entre inglesas y métricas, las probetas de sistema ingles llevan las referencias anteriores.

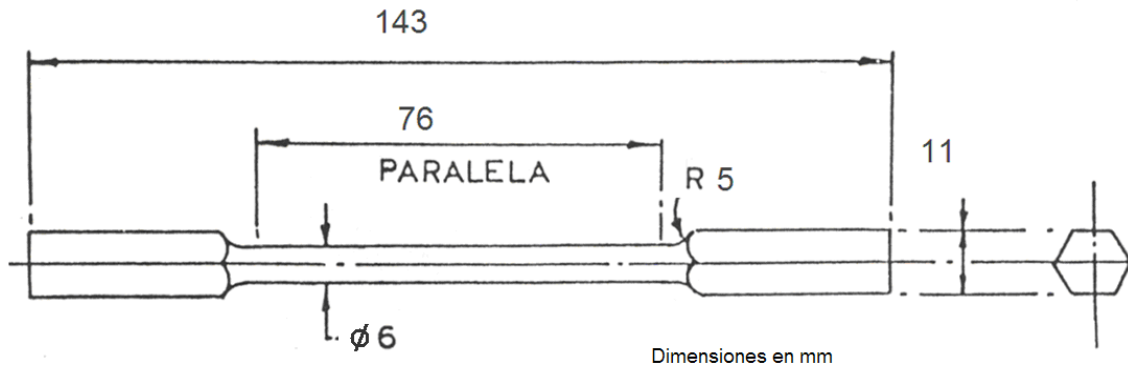


Fig. 4 Muestra normalizada

## EL TORSIOMETRO

### INTRODUCCION

Una sección del torsiómetro (Fig. 2) ha sido diseñada para adaptarse a las muestras de prueba estándar, detalle anteriormente. Puede acumular un rango ilimitado de tensión mediante el ajuste continuo de su indicador de cuadrante y por lo tanto, puede usarse para medir con precisión las deformaciones tanto en la región elástica como en el plástico.

### CONSTRUCCION

Una sección del torsiómetro (Fig. 5)

El torsiómetro consiste en dos abrazaderas externas (A) y (B) que se ubican axialmente por el espaciador cilíndrico (C), cada abrazadera de extremo contiene un tornillo de cabeza, con cabeza hueca de 90° de cono (D), que se utilizan para sujetar el Torsiómetro en la muestra. El espaciador intermedio mantiene una longitud de calibre de 50 milímetros (torsiómetro métrico) o 2 pulgadas (torsiómetro ingles) entre los dos tornillos de sujeción. Las abrazaderas de los extremos están rasurados para facilitar la inserción y extracción de la muestra.

Cada tapa de extremo (E) contiene dos rodillos de acero endurecidos para ubicar el torsiómetro en la muestra cuando se fija en su posición. Las dos partes componentes de las abrazaderas de extremo (B) se mantienen rígidamente mediante la tuerca moleteada (F), la abrazadera de extremo (A) lleva una lectura de corte de línea (G) con una precisión de 0.001 radianes. El embolo del medidor

de cuadrante se coloca exactamente a 1 pulgada del centro de la muestra y se apoya en la parte plana de una varilla (H) que es integral con la abrazadera (B).

Este posicionamiento del medidor de cuadrante asegura que cualquier desplazamiento angular de un extremo del torsiómetro en relación con el otro sobre su longitud de calibre se medirá directamente en el cuadrante de 0.001 radianes.

## USO Y FUNCIONAMIENTO

### USO

El torsiómetro se debe utilizar donde se desee una medición más precisa de la tensión sobre una longitud de calibre precisa de la abrazadera (B), ya sea 50 milímetros o 2.00 pulgadas. Se pueden obtener mediciones precisas de la deformación tanto en la región elástica como en la plástica, permitiendo así un medio muy preciso para medir las propiedades de endurecimiento del trabajo de la muestra. Para continuar leyendo en el indicador de cuadrante sobre estas regiones será necesario ajustar el conjunto como se describe en la siguiente sección.

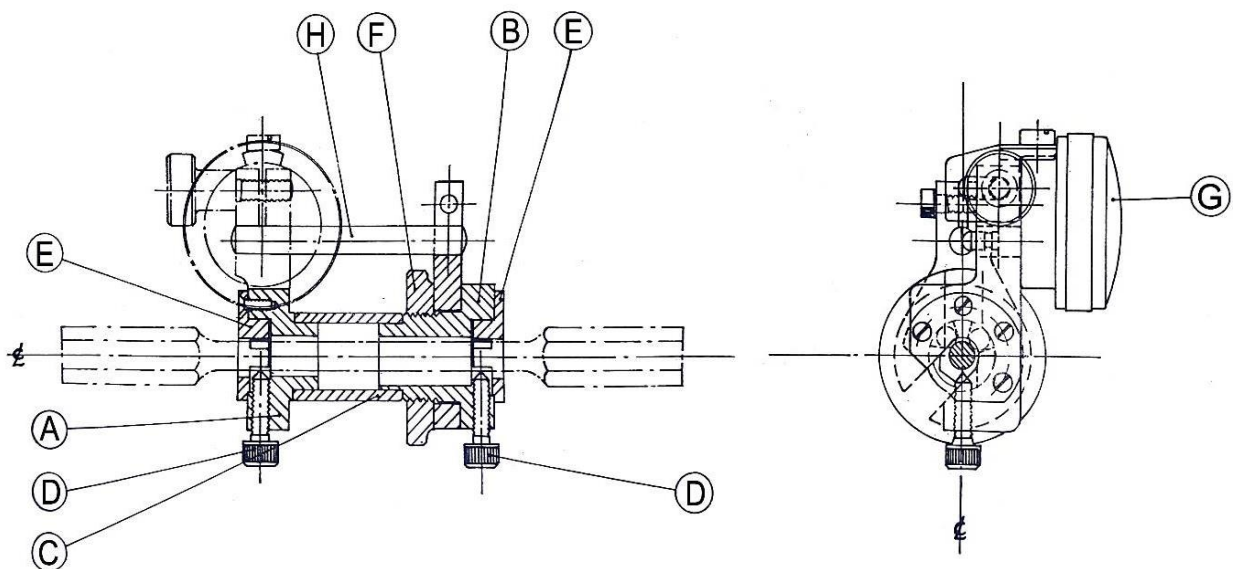


Fig. N° 5. Torsiómetro

## FUNCIONAMIENTO

Coloque el torsiómetro en la muestra según (Fig. 2). Esto se hace en tres etapas y haciendo referencia a las letras de la (Fig. 5)

1. Fije firmemente un extremo de la muestra en el porta brocas de contrapunto de la máquina de torsión separe el torsiómetro en sus tres componentes principales, dos abrazaderas de extremo (A) y (B) y un cilindro (C).

Deslice a abrazadera de extremo (B) sobre la muestra y apriete el tornillo de cabeza (D).

Coloque la varilla (H) en su posición (Fig. 2) y apriete la tuerca moleteada (F) para desbloquearla en su posición.

2. Deslice el espaciador cilíndrico (C) sobre la muestra y sobre la espiga en la pieza final (B).
3. Coloque la abrazadera de extremo restante (A) sobre la muestra, teniendo cuidado de ubicar la espiga en esta abrazadera de extremo abierto del espaciador (C). Gire la abrazadera del extremo hasta el embolo del medidor de disco entre en contacto con el plano en el extremo de la varilla (H). El comparador de línea debería estar ahora en una posición tal que el cuadrante sea claramente visible. Sostenga firmemente los tres componentes y apriete el tornillo de cabeza (D) en la abrazadera de extremo (A). El espaciador debe poder rotar libremente sin juego. Todo el conjunto esta ahora firmemente fijado a la muestra de prueba y a la cabeza de torsión de tensión de la máquina de torsión se puede deslizar a lo largo del alojamiento hasta que el extremo hexagonal libre de la muestra este dentro del mandril del cabezal. Es posible que sea necesario girar el mandril del cabezal. Bloquee el cabezal de tensión en su posición y apriete el mandril del cabezal de tracción unos pocos grados para garantizar que las mordazas del mandril del cabezal agarren correctamente el extremo hexagonal de la muestra, la máquina de la muestra debe ser sujeta en el vértice de la mandíbulas del porta brocas.

El torsiómetro ahora está listo para usar. Si la deflexión a escala completa del comparador de cuadrante es insuficiente en la primera posición de sujeción de la varilla (H), puede ajustarse para registrar un mayor esfuerzo de la muestra al

aflojar la tuerca moleteada (F) y restablecer la posición de la varilla (H) de esta forma, con la posición del apriete del torsiómetro en la muestra se obtiene un ajuste continuo a lo largo de todo el rango de carga.

## PRUEBA DE TORSION DE DESTRUCCION

### OBJETIVOS

Realizar una prueba de torsión de destrucción para determinada muestra:

- a) El módulo de rigidez
- b) El esfuerzo cortante en el límite de proporcionalidad
- c) Las características generales de la relación de torsión

### Aparatos

- Máquina de ensayo de torsión
- Torsiómetro (Opcional)
- Vernier y micrómetro

### Teoría

Teoría general sobre torsión para la probeta

$$\frac{T}{J} = \frac{G\theta}{\ell} = \frac{\tau}{r} \dots\dots\dots 1$$

$T$	=	Torque aplicado	Nm	$lbf/in$
$J$	=	Segundo momento polar	$mm^4$	$in^4$
$G$	=	modulo de rigidez	$N/mm^2$	$lbf/in^2$
$\theta$	=	Angulo de torsión	Radianes	
$\ell$	=	longitud del indicador	$mm$	$in$
$\tau$	=	Esfuerzo de corte en radio r	$N/mm^2$	$lbf/in^2$
$r$	=	Radio	$mm$	$in$

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL (EN FORMA DE INSTRUCCION)

1. Mida la longitud total y el diámetro de la probeta.
2. Dibuje una línea a lo largo del eje de la probeta; esto sirve como una ayuda visual para el grado de torsión que se coloca sobre la muestra durante la carga.
3. Monte la probeta de torsión como se indica en las instrucciones de funcionamiento.

Se utiliza el torsiómetro, el procedimiento de fijación debe llevarse a cabo según lo prescrito en la parte de uso y funcionamiento.

Para cada incremento de tensión, registre lo siguiente:

- a) Angulo de giro de la probeta
- b) Torque aplicado
- c) Angulo de giro sobre la longitud de 50mm o 2 pulgadas de ancho en radianes ( $\theta$ ). (Torsiómetro).
- d) Cuando se haya pasado del límite elástico continúe la prueba de destrucción con incrementos cada vez mayores de tensión, registrado para cada incremento de tensión.
  - i. Angulo de giro en grados
  - ii. Par aplicados

**NOTA:** En algunas pruebas se considera que no es necesario usar el torsiómetro después de alcanzar el límite elástico. El torsiómetro si este es el caso, se puede quitar de la muestra y las lecturas de giro tomadas directamente de las escalas de transportador. Para quitar el torsiómetro fuera de la muestra o las abrazaderas de extremo han sido ranurados para este propósito. No es posible quitar el espaciador cilíndrico central del torsiómetro ya que esto implicaría perturbar la fijación final de la probeta, es decir, liberarla del mandril y ESTO NO SE DEBE HACER BAJO NINGUNA CIRCUNSTANCIA DURANTE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA.

## RESULTADOS

- Diámetro inicial de la probeta
- Diámetro final de la probeta
- Longitud total inicial de la probeta
- Longitud total final de la probeta

Tabulación de los resultados siguientes:

Región elástica

Angulo de torsión $\theta$ (Grados)	Torque aplicado (Par torsor) $T$ $Nm$ ó $lbf/in$	Angulo de Torsion 0.001 Radian

Región No-elástica

Angulo de torsión $\theta$ (Grados)	Torque aplicado (Par torsor) $T$ $Nm$ ó $lbf/in$	En caso de que el torsiómetro se use durante el rango no elástico y luego registre la lectura del cuadrante en esta columna como en el rango plástico

## INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN PARA MÁQUINA DE ENSAYO DE TORSIÓN Y TORSIÓMETRO

1. Liberar la palanca de torque y poner el indicador en cero, por medio del movimiento del tornillo hacia el tope de la derecha.
2. Deslice el balance a lo largo de su soporte hasta 2 líneas (escala divisiones), una en el miembro horizontal y la otra en el bloque del conjunto de balance, el cual se desliza a lo largo de este miembro hasta que coincida.
3. Deslice el gancho hacia abajo para liberar la carga.
4. Coloque la probeta en las mordazas de la máquina de torsión y coloque la probeta en el torsiómetro.
5. Cuando la probeta ha sido fijada firmemente, extender la abrazadera hacia su alojamiento.



6. Gire la manivela de tensión del brazo de torque hasta que esté en posición horizontal.

7. Gire la volante hasta que el gancho este en contacto con el soporte en el brazo de torque. Esto se observa por el movimiento de la burbuja de nivel.

Asegúrese de que el brazo de torque y el resorte de balance estén en cero.

Ajuste al mismo tiempo la volante y la rueda de balance para lograr esta posición.

8. Ajuste en cero las caratulas de los indicadores de Angulo por medio de un tornillo.

9. Ponga en cero el contador de vueltas, moviendo el sentido horario.

10. Ajuste el brazo en el torsiómetro a fin de que este apenas haga contacto con la esfera del medidor.

11. Ponga en cero el indicador, rotando el disco.

12. Ahora el aparato está listo y la probeta puede someterse a carga, en los incrementos que se desean, girando la manivela que mueve la volante hasta que la probeta haya sido rotada al número de grados requeridos, según se muestra en el indicador.

Nota: Antes de tomar la lectura de torque y de ángulo lleve de regreso el brazo de torque a la posición horizontal.

13. Cuando este probando materiales más elásticos el indicador del torsiómetro necesita resetearse a cero periódicamente debido a la limitación en el movimiento del desatascador.

## **NOTA SOBRE EL CONTENIDO DEL LABORATORIO**

Una vez más el tipo de informe dependerá en gran medida del tipo de prueba realizada y la investigación detallada requerida, pero para una prueba similar a la descrita anteriormente se ofrecen las siguientes sugerencias.

- a) Trace un gráfico de torque “T” aplicado contra el ángulo de giro  $\theta$  como base para la región elástica. Use la pendiente de este grafico para determinar el valor del módulo de rigidez, también de este gráfico, determine el torque y luego calcule el esfuerzo cortante en el límite de proporcionalidad.
- b) Trace un gráfico de torque aplicado contra el Angulo de giro de la probeta como base para la prueba completa de destrucción.

## **DISCUSION DE RESULTADOS**

1. Indique y comente sobre los valores obtenidos en la prueba.
2. Comente sobre el aparato y los procedimientos.

3. Comente sobre el resultado general obtenido de la prueba.
4. Discuta los errores involucrados en la determinación del módulo de rigidez usando el ángulo del cuadrante de la máquina con el valor encontrado al usar el torsiómetro.

### CONTENIDO DEL INFORME

1. Objetivos del informe
2. Breve descripción del método empleado
3. Presentación de datos: los datos constituyen la información que se obtiene directamente de la experiencia, y a partir de los cuales, se trabaja las etapas consecuentes. Los datos deberán presentarse tabulados, con claridad tal que se “lean” directamente y no se “interpreten” a criterio del lector.
4. Desarrollo de los cálculos
5. Presentación de los resultados: Los datos constituyen la información que se obtiene directamente de la experiencia, y a partir de los cuales, se trabaja las etapas consecuentes. Los datos deberán presentarse tabulados, con claridad tal que se “lean” directamente y no se “interpreten” a criterio del lector.
6. Gráfico: Diagrama de momento torsor versus ángulo de torsión en grados ( $\theta$ ).
7. Conclusiones: constituye la parte más importante del informe, pues aquí se pone de manifiesto el grado de comprensión, asimilación y propuesta que el alumno logró en la experiencia. En las conclusiones deben basarse en los datos tomados y los resultados calculados. Por lo tanto, el alumno deberá esmerarse para resolver correctamente este punto.
8. Bibliografía:
  - S. Timoshenk & D. young. *Elementos de Resistencia de Materiales*. Edit. Montaner y Simon;
  - F. Singer. *Resistencia de Materiales*. Edit. Harper & Raw;
  - W. Nash. *Resistencia de materiales*. Edit. Mc Graw-Hill

## 5.4 Pruebas realizadas y fabricación de probetas

### 5.4.1 Diseño de experimento.

Las pruebas de torsión realizadas a tres diferentes materiales (Acero AISI SAE 1020, Acero AISI SAE 1045 y Acero AISI SAE 4140) estos requieren un proceso previo de maquinado en fresa y torno; la primera para realizar los terminales hexagonales para la sujeción a las mordazas ya que la máquina solo permite el uso de probetas de esa forma, el segundo maquinado se realiza para reducir el diámetro del material, al que se le requieren hacer pruebas.

Para concluir, situamos las probetas en la máquina de torsión y realizamos el número de giros necesarios en el material hasta llegar al instante de su rotura, tomando notas de los datos arrojados por la máquina sobre el ángulo de torsión y la fuerza aplicada en cada vuelta.

### 5.4.2 Fabricación de probetas

Se analizara el comportamiento de los materiales sometidos a esfuerzos de torsión en donde los grados de torsión del material y el torque aplicado en cada giro del volante de accionamiento nos darán una clara idea del comportamiento de éste en las diferentes situaciones a las que puede ser sometido.

Para el desarrollo de la prueba usamos tres barras de diferentes materiales, la primera es un Acero AISI 1020 su compra fue en una barra hexagonal de 13mm de diámetro y un metro de longitud, la segunda era un Acero AISI 1045 la compra de este se realizó de una barra de un metro de longitud y de 3/4 de diámetro (19.05mm) y la tercer barra es un acero AISI 4140 de un metro de longitud y 20 mm de diámetro.



Fig. N° 91 Montaje de probeta

Se inició cortando cada una de las barras hasta llevarlas a una longitud de 150mm, se realizó el torneado para rebajarle a la sección de la barra la que se llevó a un diámetro de 10mm en la parte central y en los extremos un diámetro inicial de 17mm (Fig. N°91), luego se procedió a realizar el fresado, en la parte del radio se le dio una penetración de 4.76 y en sus extremos para llevarlo a las terminales hexagonales a 60 grados, los cuales son óptimos para la sujeción en las mordazas para la prueba de torsión.



Fig. N°92 y 93 maquinado de probetas

Una vez terminado el fresado, se procedió a montar la barra en el torno en donde se le rebajo al diámetro de 10mm a 6mm, con lo que obtenemos la probeta lista para utilizar en las pruebas requeridas.



Fig. N°94 Probetas terminada acero 1020



Fig. N°95 Probetas terminada acero 1045



Fig. N°96 Probetas terminada acero 4140

### **5.4.3 Pruebas realizadas a las probetas**

Para determinar si los aceros adquiridos son en realidad los deseados (Acero 1020, 1045 y Acero 4140), se decidió realizar dos tipos de prueba en el laboratorio de metales, la primera es de dureza, este es un ensayo no destructivo el cual se emplea en la selección y control de calidad de los metales y la segunda es una prueba de chispa; esta se realiza para determinar de forma rápida la cantidad de carbono de un material, para esto se requiere experiencia en identificación y dar una buena interpretación de la chispa producida.

#### **5.4.3.1 Prueba de dureza (Rockwell B)**

La dureza es la propiedad que tienen los materiales para resistir el rayado y el corte de su superficie.

Se decidió realizar una prueba de dureza Rockwell, porque es el método más simple de llevar a cabo y no demanda conocimientos especiales, además de que permite ensayar prácticamente con cualquier metal o aleación y es de medición directa.

El ensayo de dureza Rockwell determina la resistencia de un material que se opone a la penetración de un cuerpo duro; en este sentido se puede definir también a la dureza de un material como aquella propiedad de la capa superficial del material de poder resistir toda deformación elástica, plástica o destrucción debido a la acción de esfuerzos de contacto (Indentador).

Esta prueba se ejecutó en el Laboratorio de metales de la Universidad Nacional de Ingeniería con ayuda del instructor y encargado del laboratorio Ing. Julio Gutiérrez quien facilitó documentos y el durómetro Rockwell, que tiene un soporte plano de acero lo suficientemente duro y rígido para prevenir su deformación, ya que se encuentra fijado debajo del penetrador.

Según la tabla de escalas de dureza Rockwell; de manera genérica, las escalas A,B,C,D,E,F,G,H,K,L,M,P,R,S y V, son las empleadas en los ensayos para medir materiales gruesos, mientras que para los materiales finos se emplean escalas 15-N, 30-N, 15-T, 30-T Y 45-T.

Según la información de los materiales de nuestras probetas se determinó lo siguiente:

Los aceros 1020, 1045 y 4140 son materiales duros por lo que se utilizara la tabla de las escalas para materiales gruesos, su escala es B, lo que quiere decir que, es una dureza Rockwell B, se emplearía como herramienta indentada o como penetrador una esfera de 1/16" y una carga principal de 100 kg. Este tendrá el símbolo HRB.

Escalas de dureza Rockwell			
Símbolo de la escala	Indentador	Carga Principal (kp)	Aplicaciones
A	Diamante	60	Aceros tratados y sin tratar. Materiales muy duros. Chapas duras y delgadas.
B	Esfera de 1/16"	100	Aceros recocidos y normalizados.
C	Diamante	150	Aceros tratados térmicamente.
D	Diamante	100	Aceros cementados.
E	Esfera de 1/8"	100	Metales blandos y antifricción.
F	Esfera de 1/16"	60	Bronce recocido.
G	Esfera de 1/16"	150	Bronce fosforoso y otros materiales.
H	Esfera de 1/8"	60	Metales blandos con poca homogeneidad, fundiciones con base hierro.
K	Esfera de 1/8"	150	Aplicaciones análogas al tipo anterior.

Tabla N° 9 escala de Dureza Rockwell normal

15N	Diamante	15	Aceros nitrurados, cementados y herramientas de gran dureza.
30N	Diamante	30	Aplicaciones análogas al tipo anterior.
45N	Diamante	45	Aplicaciones análogas al tipo anterior.
15T	Bola de 1/16"	15	Bronce, latón y aceros blandos.
30T	Bola de 1/16"	30	Bronce, latón y aceros blandos.
45T	Bola de 1/16"	45	Bronce, latón y aceros blandos.
15W	Bola de 1/8"	15	Bronce, latón y aceros blandos.
30W	Bola de 1/8"	30	Bronce, latón y aceros blandos.
45W	Bola de 1/8"	45	Bronce, latón y aceros blandos.

Tabla N° 10 escala de Dureza Rockwell superficial

La siguiente es una tabla simplificada de los materiales más comunes que se miden con Rockwell.

Hg	Penetrador	Cargas (kgf)		Material
		Adicional	Total	
B	Bolilla 1/16"	90	100	Acero blando. Aleaciones de Cu y Al. Fundición maleable
C	Cono	140	150	Acero de alta dureza. Fundición perlítica.

Tabla N°11 Ensayos más comunes

Las condiciones en las que se realizó el ensayo fueron con la superficie limpia y libre de anomalías.

#### Materiales

- Durómetro
- Muestras de diferentes materiales

#### Método experimental pasó a paso.

- Lo primero que se hizo fue calibrar el equipo.
- Se instaló el Indentador en el equipo.
- Se procedió a colocar la probeta sobre el soporte
- Se aplicó la precarga  $P_0$  de 10kgf.
- Se trató de ajustar el micrómetro para ajustar las lecturas a cero (se trabajó con las escalas rojas). Lo cual fue posible ya que el equipo se calibro con anticipación.
- Se aplicó carga durante 10 segundos.
- Se ejecutó la lectura.

Los pasos descritos fueron aplicados en cada una de las probetas en los tres materiales a ensayar.

El promedio de las mediciones de dureza está determinado por:



$$\bar{H} = \frac{H1 + H2 + H3 + \dots + Hn}{n}$$

### Para probetas de acero 1020

Los valores obtenidos se encuentran dentro del rango lo que significa que el material ensayado corresponde a la escala utilizada.

Probeta Acero 1020		
N° de probeta	Dureza Rockwell B	N° de dureza
1	86.8	86.8HRB
2	87	87 HRB
3	86.7	86.6 HRB
4	86.8	86.8 HRB
5	87	87 HRB

Tabla N°12 valores de dureza Rockwell acero 1020

$$\bar{H} = \frac{86.8 + 87 + 86.7 + 86.8 + 87}{5}$$

$$\bar{H} = 86.84$$

El HRB promedio es de 86.84  $\approx$  **86.84HRB**

### Para probetas de acero 1045

Probeta Acero 1045		
N° de probeta	Dureza Rockwell B	N° de dureza
1	89.7	89.7 HRB
2	90	90 HRB
3	89	89 HRB
4	92.3	92.3 HRB
5	89.8	89.8 HRB

Tabla N°13 valores de dureza Rockwell acero 1045

$$\bar{H} = \frac{89.7 + 90 + 89 + 92.3 + 89.8}{5}$$

$$\bar{H} = 90.16$$

El HRB promedio es de 90.16  $\approx$  **90.16HRB**

**Para probetas de acero 4140**

Probeta Acero 4140		
N° de probeta	Dureza Rockwell B	N° de dureza
1	98.8	99 HRB
2	98.7	98.7 HRB
3	99	98.2 HRB
4	99.1	99 HRB
5	99	99 HRB

Tabla N° 14 valores de dureza Rockwell acero 4140

$$\bar{H} = \frac{98.8 + 98.7 + 99 + 99.1 + 99}{5}$$

$$\bar{H} = 98.92$$

El HRB promedio es de 98.92  $\approx$  **98.92HRB**

#### 5.4.3.2 Prueba de chispa

La prueba de chispa puede ser un método confiable para clasificar metales ferrosos, ya que se producen chispas que por las características de su forma y color, esto permite conocer de una forma aproximada su composición química.

Este ensayo no sustituye un ensayo químico, pero alguien con experiencia reconoce bastante bien los materiales y la presencia de ciertos elementos en la composición del acero.

Con este ensayo se determina la cantidad de carbono en la pieza. Con esto asimismo se pueden clasificar las piezas como pertenecientes a un grupo determinado de aceros.

Para la prueba de chispa se requiere:

Los materiales:

- Acero 1020
- Acero 1045
- Acero 4140

Máquina:

- Esmeril
- Probetas de distintos materiales.

Reconocimiento e identificación de los aceros por la chispa:

De preferencia este ensayo se realiza con poca luz, cuando el metal es puesto contra una piedra de esmeril, pequeños fragmentos se desprenden con dicha fricción, los cuales se vuelven incandescentes. La diferencia en el patrón de la corriente de la chispa puede identificar los metales.

Este método es aproximado, no preciso, requiere de mucha experiencia en reconocimientos de aceros.

Se procede a realizar la observación de los pequeños fragmentos que se desprenden del esmeril en movimiento; luego se compara con el chart de chispa y se sacan las conclusiones.

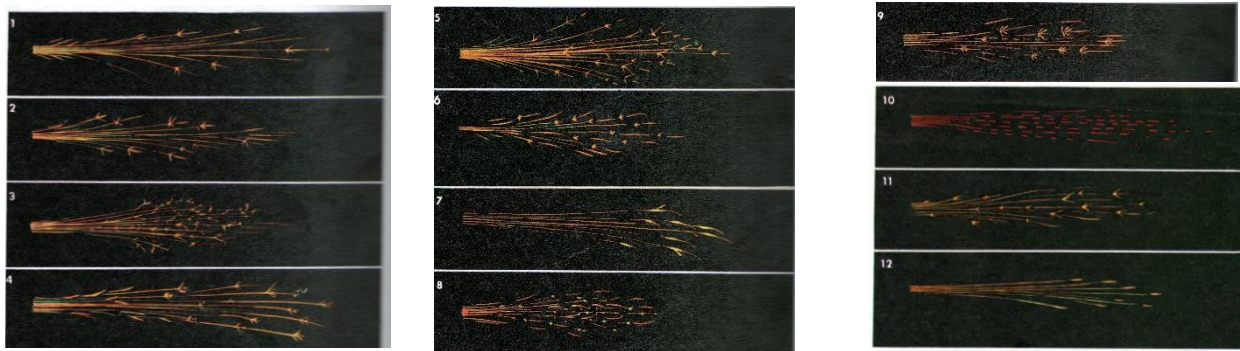


Fig. N° 97 Chart de chispa

Para cada uno de los aceros se produjo una chispa con diversas características, forma y la siguiente a continuación se muestran las características correspondientes para su descripción., estas se dividen en tres partes:

1. A la salida de la piedra del esmeril, que se encuentra formada por rayos rectilíneos en los que pueden observarse perfectamente su color característico.
2. La zona de bifurcación y algunas veces tiene en ella algunas explosiones.
3. En la última zona, es donde aparecen mayor parte de las explosiones, adopta diversas formas, que se denominan estrellas, gotas, lenguas, flores etc.

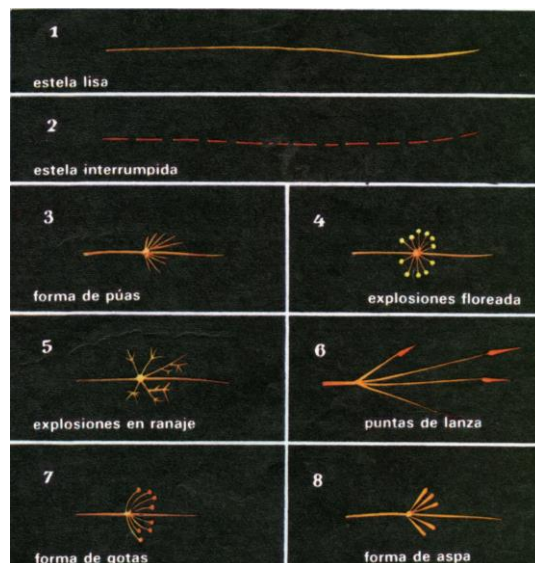




Fig. N° 98 Características de la chispa

La siguiente tabla muestra los resultados de la prueba de chispa con esmeril.

Se presenta su composición química y las características de la chispa, su color y forma.

Material	Composición en %	Descripción de la chispa	Característica y color de la estela	Chispa
Acero 1020	$C \rightarrow 0.18 - 0.23$ $Mn \rightarrow 0.30 - 0.60$ $P_{max} \rightarrow 0.040$ $S_{max} \rightarrow 0.050$	<p>Poca chispa, estelas lisas, explosiones de carbono finas.</p> <p>Chart de chispa N°4</p>	<p>Blanco</p> <p>Amarillo</p> <p>Presenta estela en forma de lanzas</p> <p>Caract. N°6</p>	<p>Chispa N° 1:</p> 
Acero 1045	$C \rightarrow 0.43 - 0.50$ $Mn \rightarrow 0.60 - 0.90$ $P_{max} \rightarrow 0.040$ $S_{max} \rightarrow 0.050$	<p>Líneas continuas alargadas, más espinas formadas por los estallidos del carbono.</p> <p>Chart de chispa N°1</p>	<p>Muestra estelas finas, chispas vivas, estelas acabadas en forma de púas y lanzas</p> <p>Amarillo anaranjado</p>	<p>Chispa N°2:</p> 


Acero 4140	$C \rightarrow 0.38 - 0.43$ $Mn \rightarrow 0.75 - 1.00$ $P_{max} \rightarrow 0.040$ $S_{max} \rightarrow 0.040$ $Cr \rightarrow 0.80 - 1.10$ $Mo \rightarrow 0.15 - 0.25$	Ramillete de espinas, haces cortos con explosiones de Carbono con bastantes bifurcaciones  Chart de chispa N°2	Estelas en forma de púas muy ramificadas.  Amarillo  blanco	Chispa N°3. 
------------	---	--	---	--

Tabla N°15 Ensayo de chispa

#### 5.4.3.3 Prueba de torsión

La máquina de torsión utilizada para realizar estas pruebas se compone de diferentes elementos tanto para la sujeción de las probetas hexagonales como para la medida de los ángulos de desplazamiento angular y la fuerza aplicada a estas.

Una vez elaboradas las probetas y determinado el material de las mismas, se inicia trazando una línea recta a través de su longitud, con lo que verificaremos de una manera más evidente la torsión a la que serán sometida.

#### Resultados experimentales típicos obtenidos de la máquina torsión

##### Procedimiento experimental

Lo primero que se hizo en cada una de las pruebas fue medir la longitud total y el diámetro de prueba de la muestra.

Seguido se dibujó una línea a lo largo de la sección de prueba con un marcador para tener una guía para determinar el grado de torsión mientras se le aplica una carga.

En todas las pruebas realizadas se utilizó el torsiómetro hasta llegar a la región elástica ya que después de llegar a ese punto no es recomendable su uso.

Una vez desmontado el torsiómetro, continúa la prueba de destrucción (hasta llegar al punto de ruptura de la probeta).

En estos casos se obtuvo una gráfica de ángulo de torsión (deformación unitaria) contra momento torsor en Nm; en estos aceros.

Condiciones para realizar las pruebas, se ejecutaron a una temperatura de 22°C (Condiciones normales dentro del laboratorio). Mesa de mármol nivelado laboratorio de metrología.

Estos fueron los resultados experimentales.

## ACERO 1020

### Probeta N°1

Probeta N°1			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	5	1,15	6.4
2	11	1,20	11.4
3	16	1,40	15.2
4	23	1,59	17.3
5	29	1,74	18.2
6	35	1,51	18.6
7	40	0	19
8	47	0	19.2
9	53	0	19.2
10	58	0	19.2
Numero de vueltas			44

Tabla N°16 Tabla de datos experimentales Probeta 1, acero 1020



Fig. N° 99 Probeta1, acero 1020. Rotura del material bajo cargas de torsión



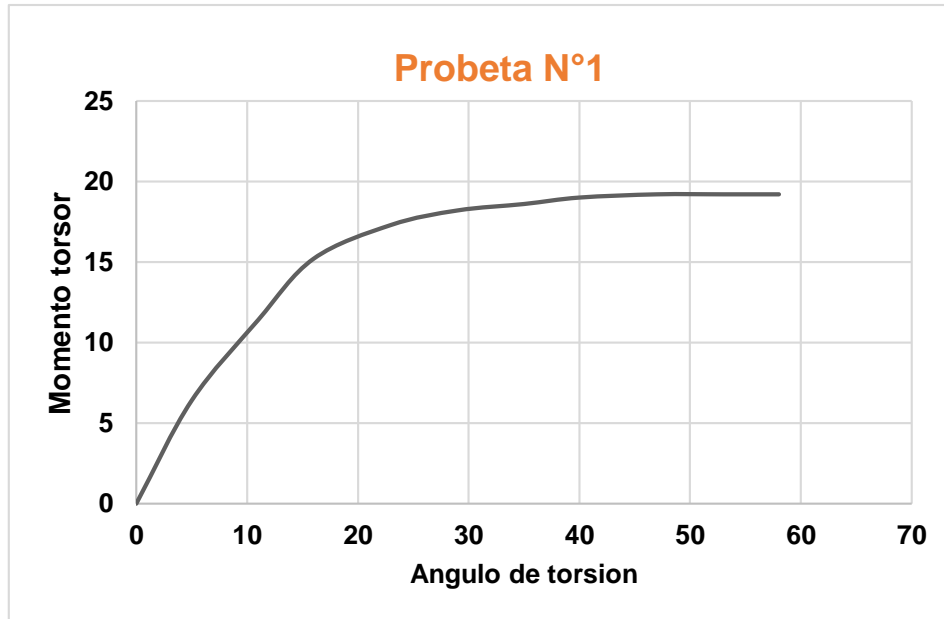


Grafico N°1 comportamiento del acero 1020, probeta 1

### **Probeta N°2**

Probeta N°2			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	6	1,85	5.6
2	11	1	11.2
3	16	1,06	16
4	23	1,25	18.6
5	29	1,21	20
6	35	1,13	20.5
7	40	1,09	20.8
8	46	0,8	21
9	53	0,4	21
10	59	0	21
Numero de vueltas			35

Tabla N°17 Tabla de datos experimentales Probeta 2, acero 1020



Fig. N° 100 Probeta 2, acero 1020. Rotura del material bajo cargas de torsión

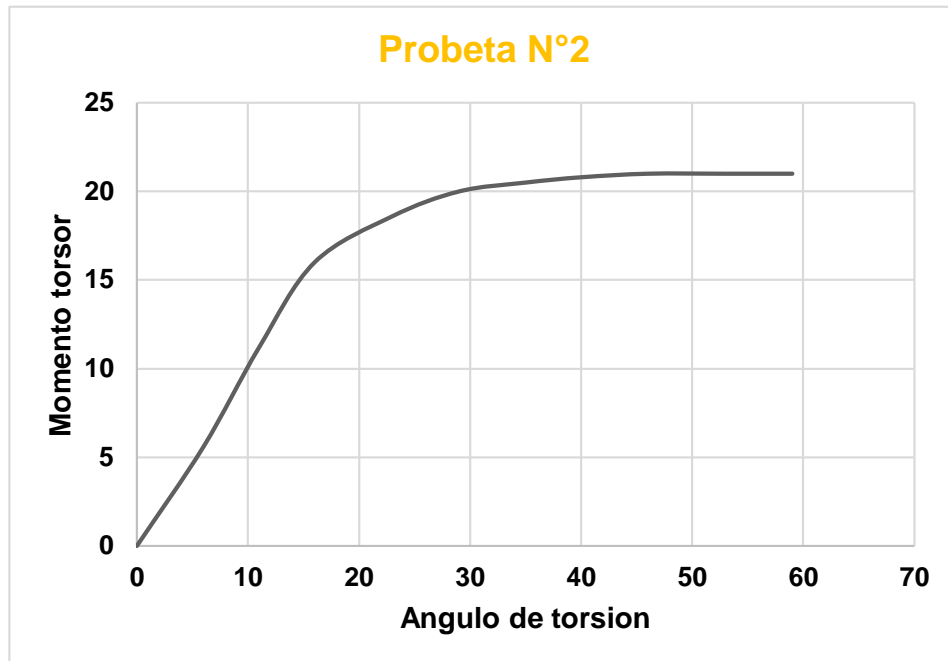


Grafico N°2 comportamiento del acero 1020, probeta 2

### Probeta N°3

Probeta N°3			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	8	0,4	5.1
2	12	0,85	10.4
3	18	0,4	16
4	24	0,75	19.2
5	30	0,76	20.4
6	35	0,97	21
7	42	1,03	21.4
8	47	0,97	21.6
9	54	0,93	21.8
10	60	0,78	22
Numero de vueltas			47

Tabla N°17 Tabla de datos experimentales Probeta 3, acero 1020



Fig. N° 101 Probeta 3, acero 1020. Rotura del material bajo cargas de torsión

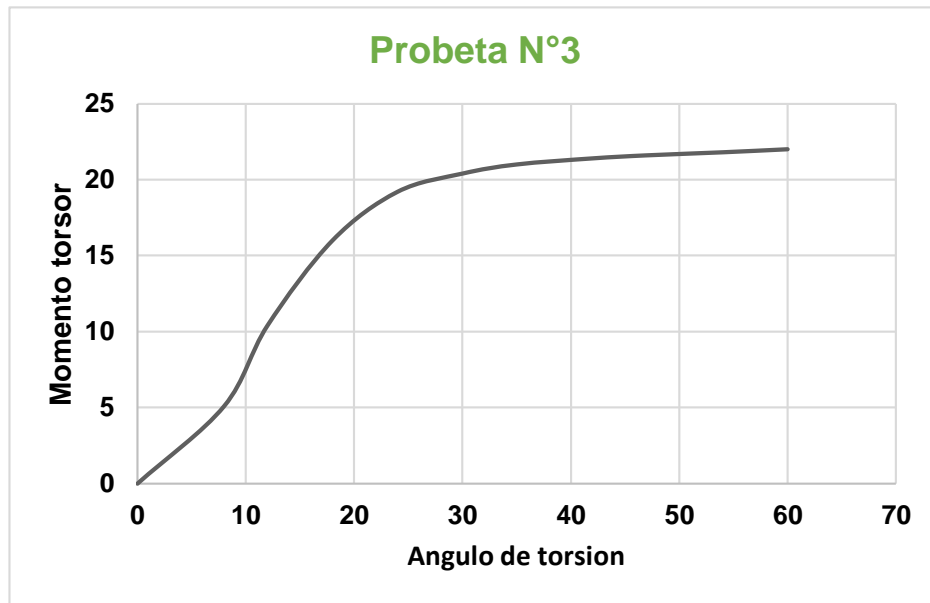


Grafico N°3 comportamiento del acero 1020, probeta 3

#### Probeta N°4

Probeta N°4			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	8	0,4	6.6
2	12	0,85	13.2
3	18	0,4	19
4	24	0,65	22
5	30	0,74	23.4
6	35	0,97	24.4
7	42	1,07	24.8
8	47	0,96	25
9	54	0,93	25.4
10	60	0,76	25.4
Numero de vueltas			39

Tabla N°18 Tabla de datos experimentales Probeta 4, acero 1020



Fig. N° 102 Probeta 4, acero 020. Rotura del material bajo cargas de torsión

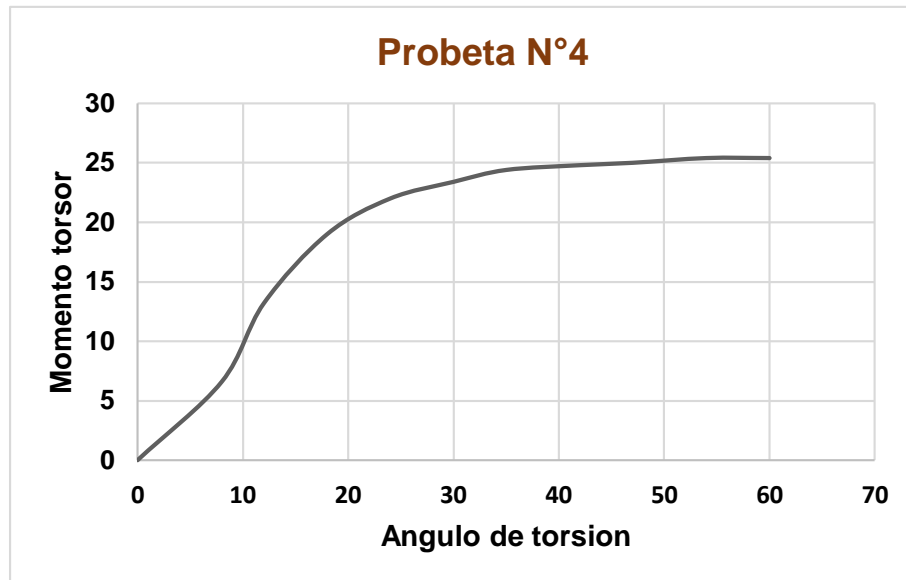


Grafico N°4 comportamiento del acero 1020, probeta 4

### Probeta N°5

Probeta N°5			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	4	1,9	5.8
2	11	1,01	11.2
3	16	1,05	15.6
4	23	1,28	18
5	29	1,35	19
6	35	1,40	19.8
7	40	0,7	20
8	47	0,40	19
9	53	0,20	20
10	58	0,10	20.2
Numero de vueltas			18

Tabla N°19 Tabla de datos experimentales Probeta 5, acero 1020



Fig. N° 103 Probeta 5, acero 1020. Fractura de la probeta

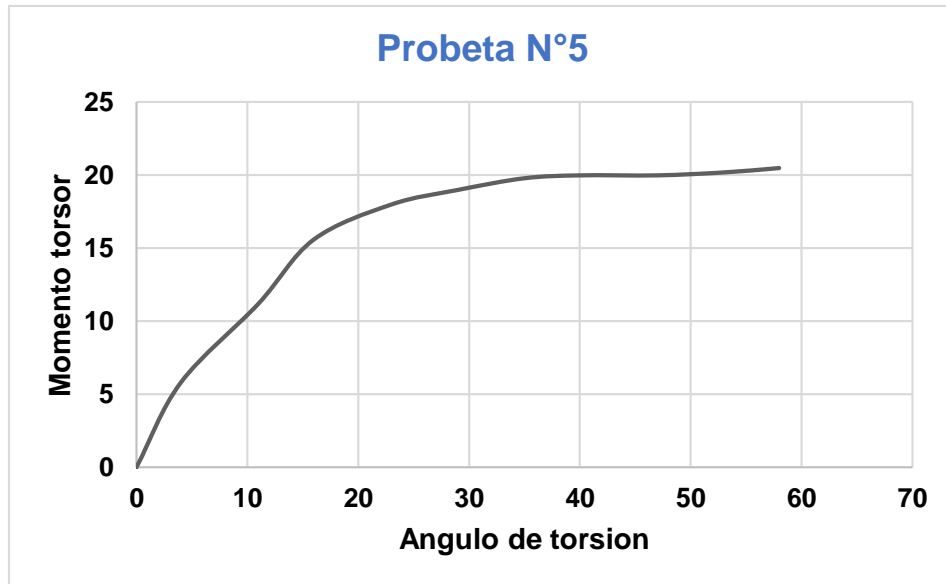
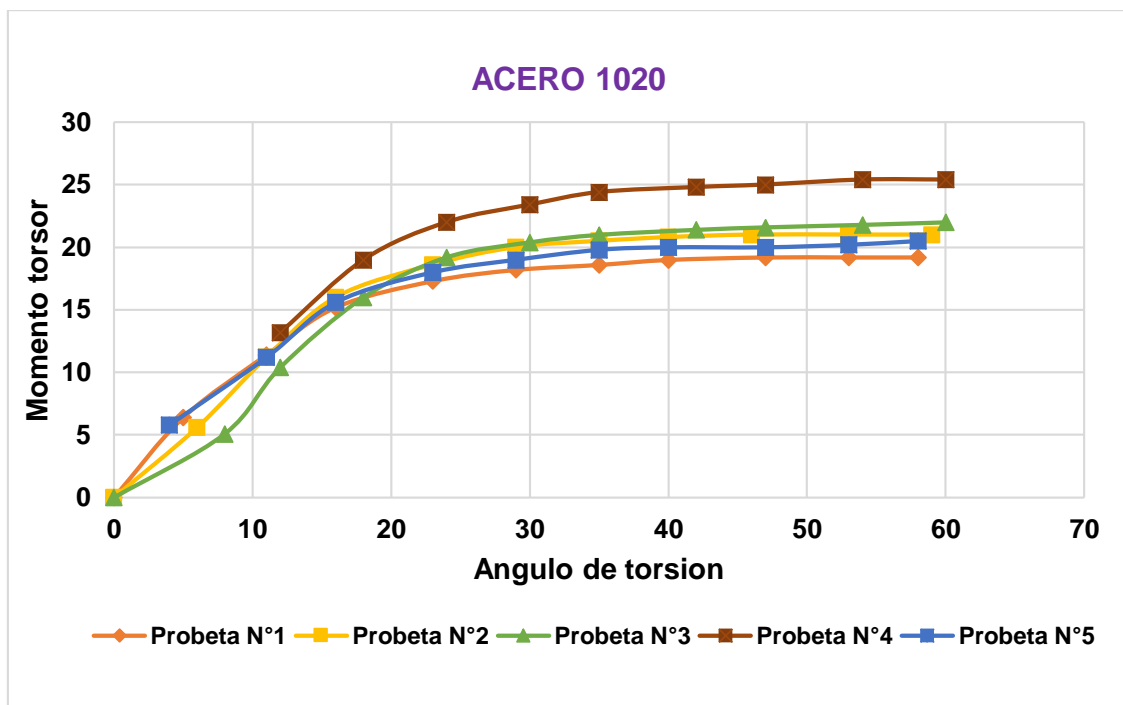


Grafico N°5 comportamiento del acero 1020, probeta 5

### Resultados experimentales probetas Acero 1020



Grafica N°6 Conjunto de resultados experimentales acero 1020

En esta grafica se muestra el comportamiento del acero 1020, utilizando los resultados de las cinco probetas utilizadas en las pruebas, tomando los valores de ángulo de torsión con respecto a la fuerza aplicado (Torque).

El contador de revoluciones es el encargado de medir el ángulo de torsión del material, para el caso práctico de cálculos se tomó en cuenta que: **1RPM=5°** de giro de la probeta. Este resultado puede variar.

El material, según sus propiedades mecánicas es un acero con un contenido de carbono en un rango 0,18-0,23, de los tres materiales ensayados es el que menos contenido de carbono se le considera un material frágil según el ensayo de dureza; y se produce una deformación prolongada. La línea marcada longitudinalmente a través de eje de la probeta en todos los casos se observó claramente que dio una vuelta completa antes de llegar al punto de ceder y romperse.

La ruptura en todos los casos se dio en uno de los extremos; también influye el maquinado de estas; Como se muestra en las figuras anteriores, pero considerando el contenido de carbono de este material, se observaron fracturas “limpias”, con poca o prácticamente ninguna estrangulación a la fractura.

## ACERO 1045

### Probeta N°1

Probeta N°1			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	6	1,1	5.6
2	12	1,09	10.8
3	18	1,38	15
4	24	1,80	18
5	30	2,23	19.4
6	35	2,20	20.4
7	42	0,1	21.6
8	47	0	21.8
9	54	0	22
10	60	0	22.2
Numero de vueltas			123

Tabla N°20 Tabla de datos experimentales Probeta 1, acero 1045



Fig. N° 104 Probeta1, acero 1045. Rotura del material bajo cargas de torsión

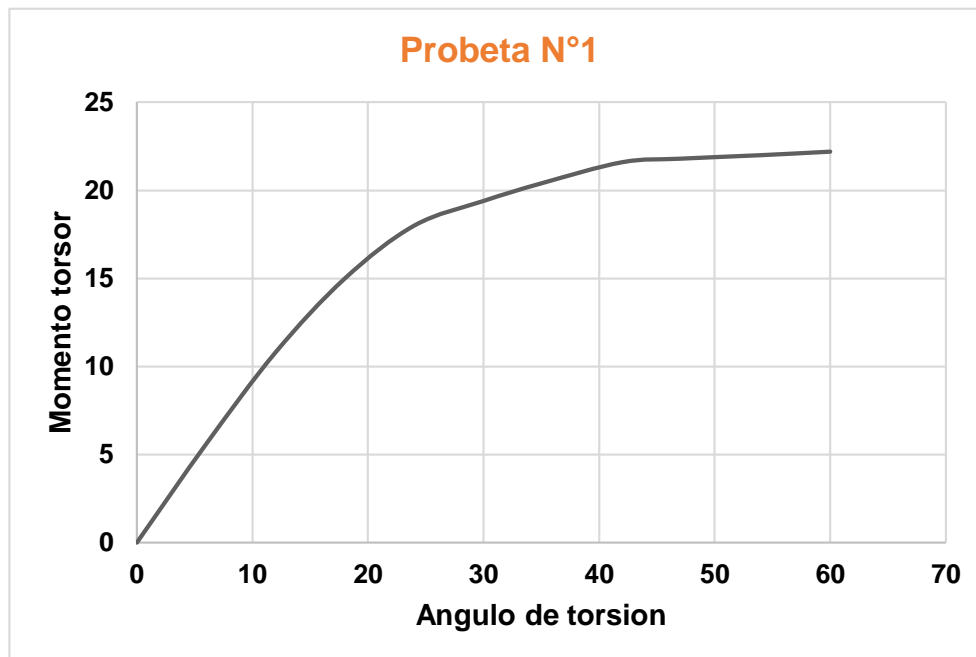


Grafico N°7 comportamiento del acero 1045, probeta 1

### Probeta N°2

Probeta N°2			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	6	0,92	5
2	12	1,00	10
3	18	1,11	14
4	23	1,05	17
5	30	0,80	18.3
6	35	0,53	19
7	42	0,22	19.6
8	47	0	19.5
9	54	0	19.5
10	60	0	19.8
Numero de vueltas			30

Tabla N°21 Tabla de datos experimentales Probeta 2, acero 1045





Fig. N° 105 Probeta 2, acero 1045. Rotura del material bajo cargas de torsión

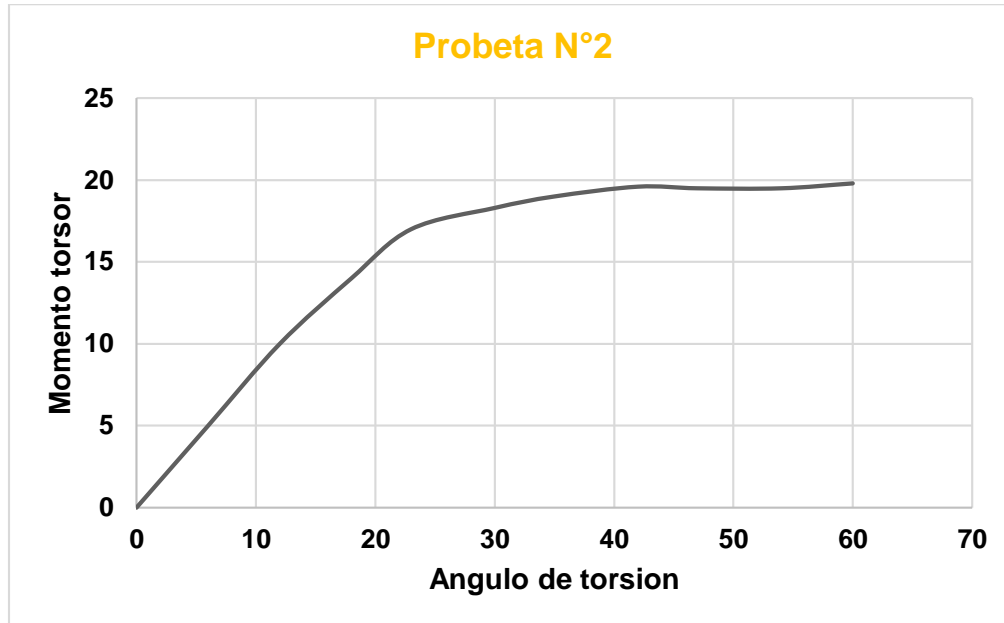


Grafico N°8 comportamiento del acero 1045, probeta 2

### Probeta N°3

Probeta N°3			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	6	0,44	6
2	12	1,02	11
3	19	1,22	15
4	24	1,28	17.2
5	30	1,15	18.2
6	36	1,03	18.8
7	42	1,00	19.2
8	48	0,75	19.4
9	54	0,44	19.6
10	60	0,07	19.6
Numero de vueltas			34

Tabla N°20 Tabla de datos experimentales Probeta 2, acero 1045



Fig. N° 106 Probeta 3, acero 1045. Rotura del material bajo cargas de torsión

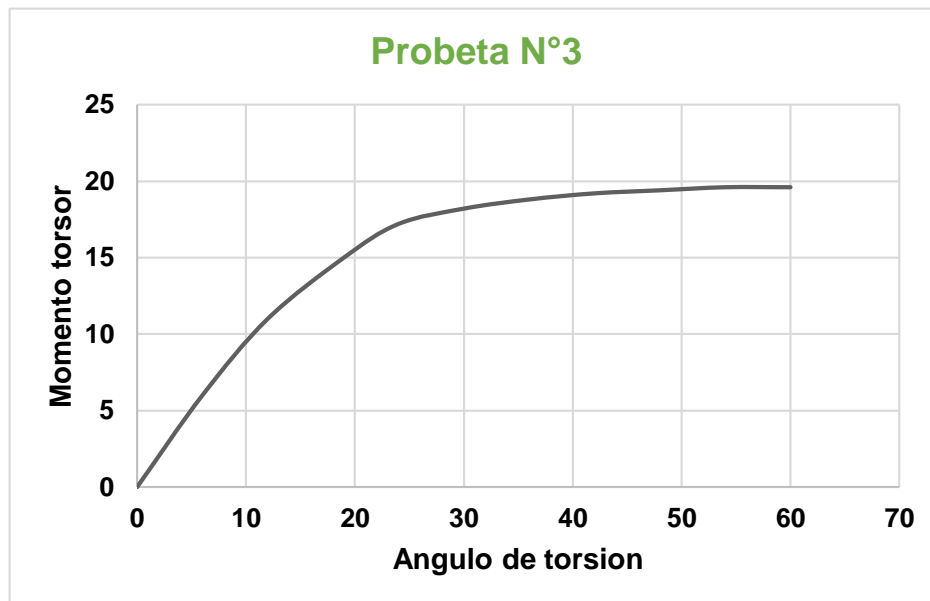


Grafico N°9 comportamiento del acero 1045, probeta 3

#### Probeta N°4

Probeta N°4			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	6	1,00	6.6
2	12	1,13	12.1
3	18	1,36	16.5
4	25	1,68	19
5	30	1,89	20.4
6	35	2,00	21.3
7	42	0,76	22
8	47	0	22.8
9	54	0	23
10	60	0	23.4
Numero de vueltas			107

Tabla N°21 Tabla de datos experimentales Probeta 4, acero 1045



Fig. N° 107 Probeta 4, acero 1045. Rotura del material bajo cargas de torsión

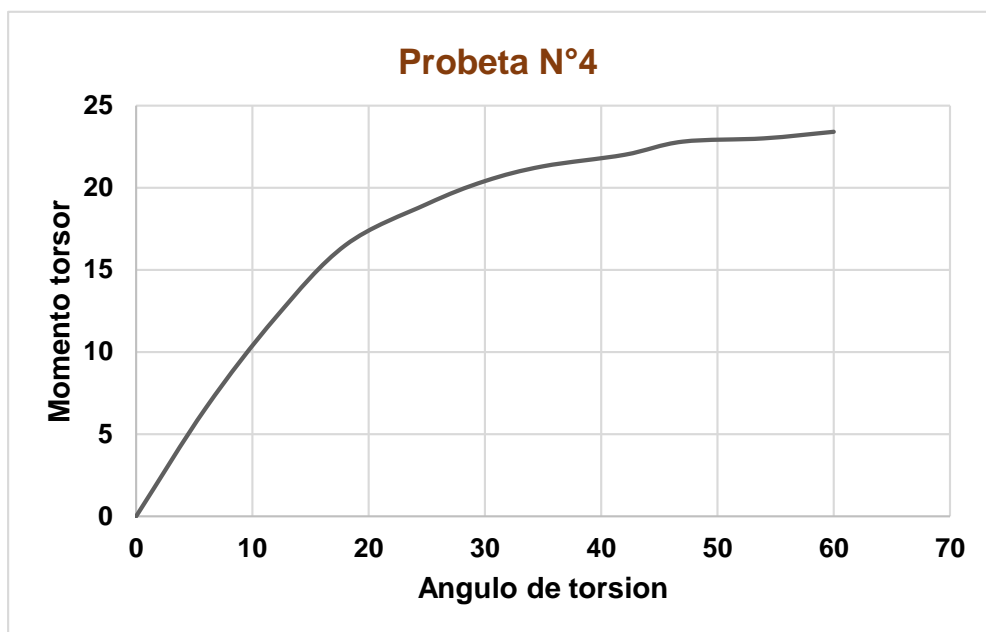


Grafico N°10 comportamiento del acero 1045, probeta 4

### Probeta N°2

Probeta N°5			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	6	1	6.5
2	12	1,11	12.8
3	19	1,30	17.8
4	24	1,68	20.8
5	30	1,88	22.6
6	36	2	23.6
7	42	0,78	24.4
8	48	0,76	25
9	54	0	25.4
10	60	0	25.6
Numero de vueltas			95

Tabla N°22 Tabla de datos experimentales Probeta 5, acero 1045



Fig. N° 108 Probeta 5, acero 1045. Rotura del material bajo cargas de torsión

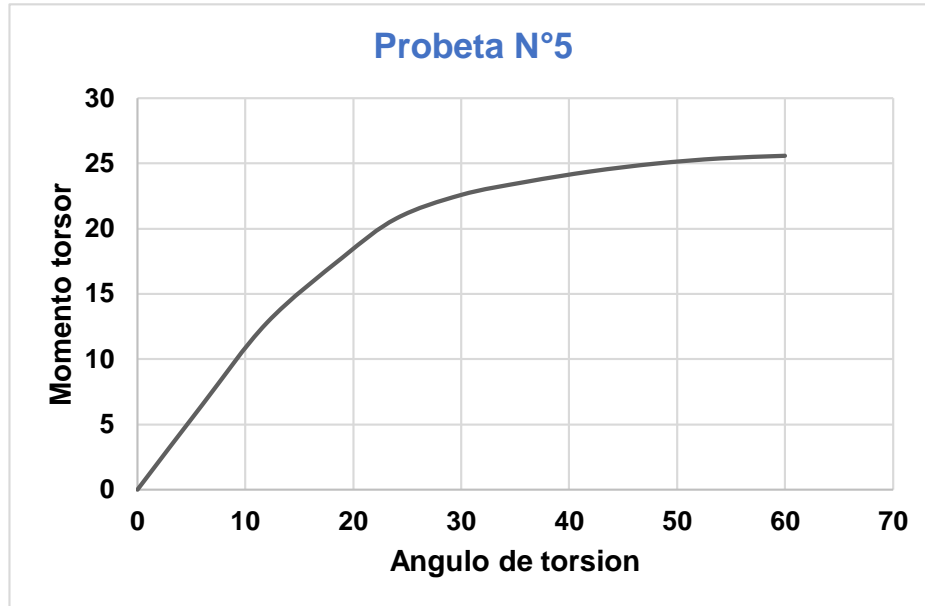
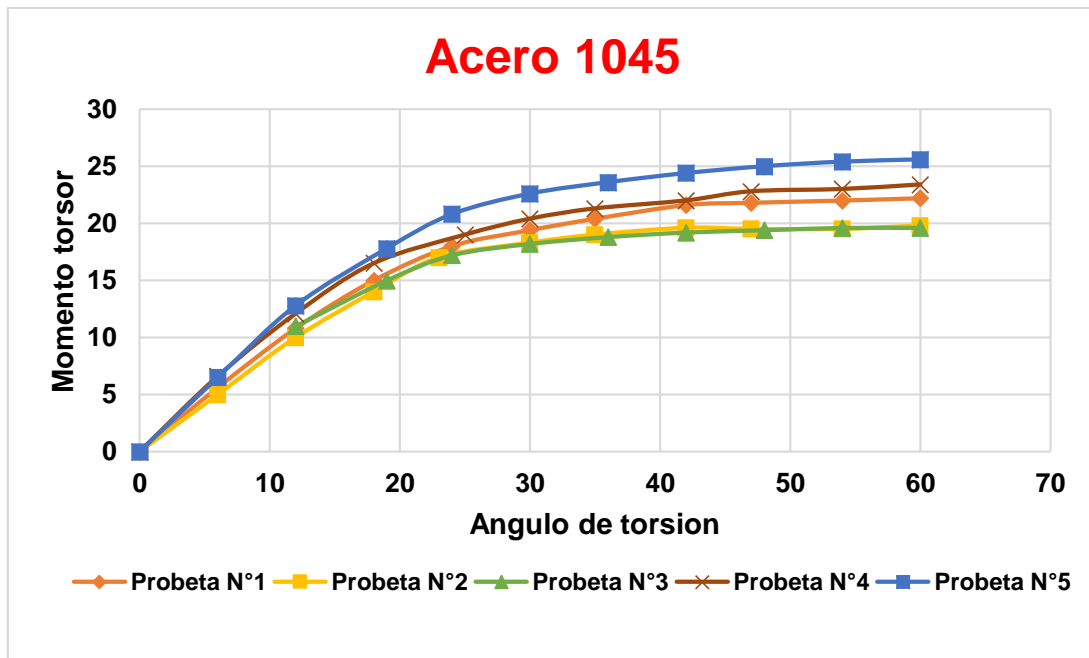


Grafico N°11 Comportamiento del acero 1045, probeta 5

### Resultados experimentales del Acero 1045



Grafica N°12 Conjunto de resultados experimentales acero 1045

En esta grafica se muestra el comportamiento del acero 1045, utilizando los resultados de las cinco probetas utilizadas en las pruebas tomando los valores de ángulo de torsión con respecto a la fuerza aplicado (momento torsor).

El contador de revoluciones para el caso práctico de cálculos se tomó en cuenta que: **1RPM=6°** de giro de la probeta.

El material, según sus propiedades mecánicas es un acero con un contenido de carbono en un rango 0,43-0,50, por lo que de los tres materiales ensayados es un material entre los frágiles el menos frágil, según el ensayo de dureza; por lo que se produce una deformación un poco menos prolongada.

La ruptura en tres de cinco casos se dio en uno de los extremos, las otras dos fueron en la parte central; también influye el maquinado de estas; a como se muestra en las figuras anteriores, se observaron fracturas con señas nulas de estrangulamientos, esto se debe al contenido de carbono de este material.

La línea marcada longitudinalmente a través de eje de la probeta en todos los casos se observó que dio una vuelta y media a dos vueltas completa antes de llegar al punto de ceder y romperse.

## ACERO 4140

### Probeta N°1

Probeta N°1			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	6	1,07	5.6
2	11	0,9	8.6
3	18	1,00	9.2
4	24	2,09	9.4
5	30	3,60	9.8
6	35	0	10.2
7	42	0	10.6
8	48	0,01	10.6
9	54	0	11.2
10	60	0	11.5
N° de vueltas			139

Tabla N°23 Tabla de datos experimentales Probeta 1, acero 4140



Fig. N° 109 Probeta 1, acero 4140. Ruptura del material bajo cargas de torsión

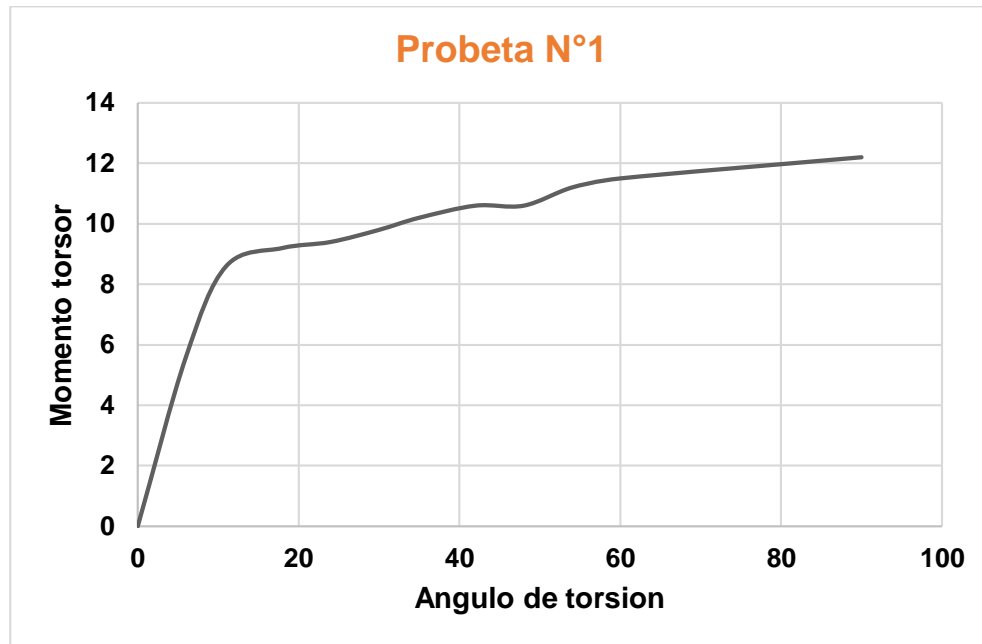


Grafico N°13 Comportamiento del acero 4140, probeta 1

### Probeta N°2

Probeta N°2			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	4	0,23	1.2
2	10	0,71	4.6
3	16	0,76	7.8
4	22	0,50	9.6
5	29	1,00	10.4
6	34	2,92	10.6
7	40	3,55	11
8	46	0,26	11.8
9	52	0	12.4
10	58	0	13
15	90	0,05	13.5
N° de vueltas			138

Tabla N°24 Tabla de datos experimentales Probeta 2, acero 4140



Fig. N° 110 Probeta 2, acero 4140. Rotura del material bajo cargas de torsión

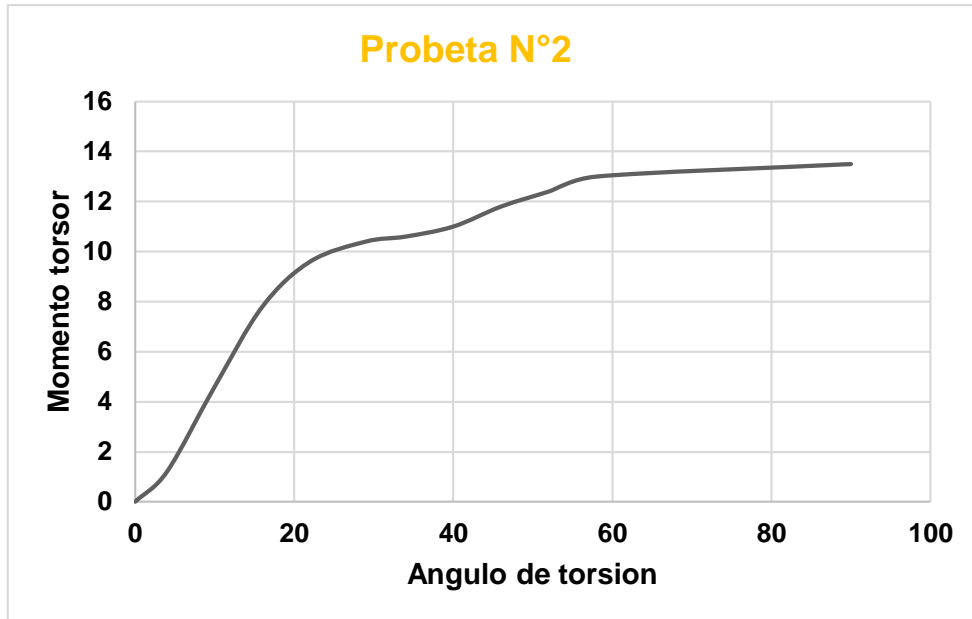


Grafico N°14 Comportamiento del acero 4140, probeta 2

### Probeta N°3

Probeta N°3			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	7	1,25	4.8
2	12	1,00	7.4
3	19	3,45	8.2
4	25	1,90	8.2
5	30	0	8.6
6	38	0	9
7	44	0	9.4
8	48	0	9.6
9	55	0	9.9
10	60	0	10.2
N° de vueltas			152

Tabla N°25 Tabla de datos experimentales Probeta 3, acero 4140





Fig. N° 111 Probeta 3, acero 4140. Rotura del material bajo cargas de torsión

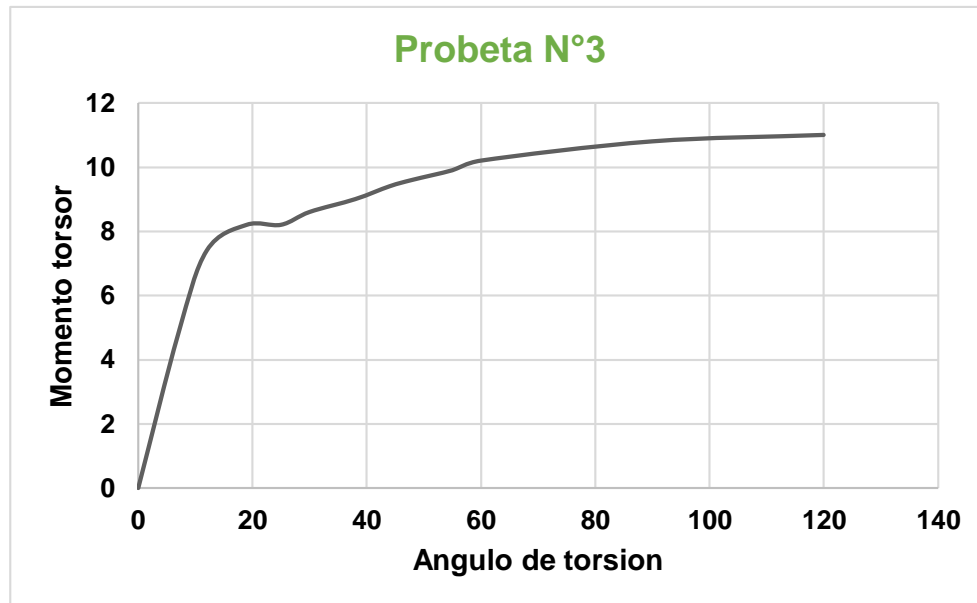


Grafico N°15 Comportamiento del acero 4140, probeta 3

#### Probeta N°4

Probeta N°4			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	7	1,10	6
2	12	0,80	9
3	19	0,44	9.6
4	25	0,84	10
5	30	1,18	10
6	38	2,92	10.6
7	44	0	11.2
8	48	0	11.6
9	55	0	12
10	60	0	12.2
N° de vueltas			101

Tabla N°26 Tabla de datos experimentales Probeta 4, acero 4140



Fig. N° 112 Probeta 4, acero 4140. Rotura del material bajo cargas de torsión

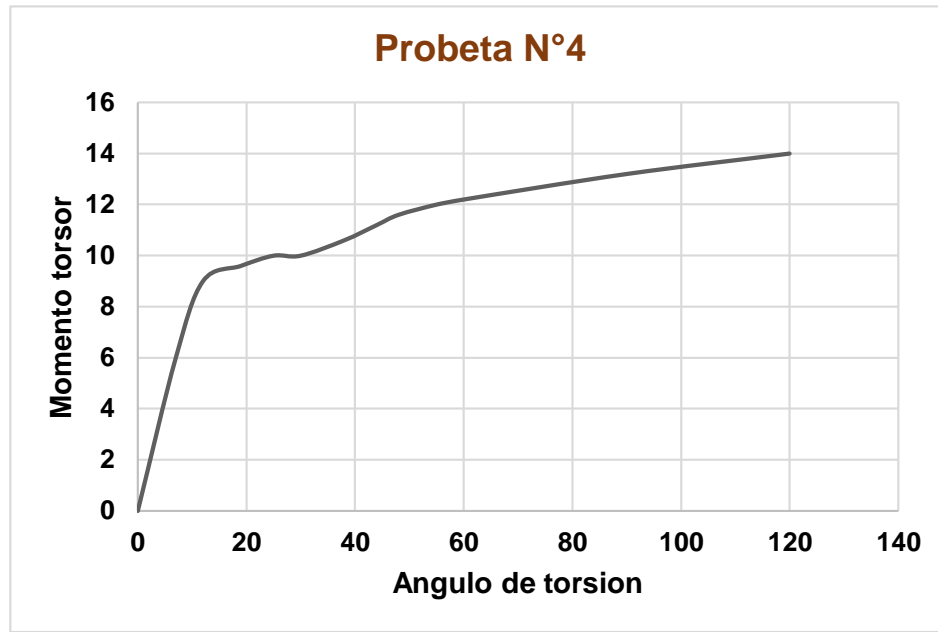


Grafico N°16 Comportamiento del acero 4140, probeta 4

### Probeta N°5

Probeta N°5			
rpm	ángulo en grados	ángulo en radianes 0.001	Torque Nm
0	0	0	0
1	7	1,26	5.7
2	12	1	8.6
3	19	1,29	9.4
4	24	3,40	9.8
5	30	1,90	10.4
6	36	1,18	10.6
7	42	0	11
8	49	0	11.7
9	54	0	12.1
10	60	0	12.4
N° de vueltas			105

Tabla N°27 Tabla de datos experimentales Probeta 5, acero 4140



Fig. N° 113 Probeta 5, acero 4140. Rotura del material bajo cargas de torsión

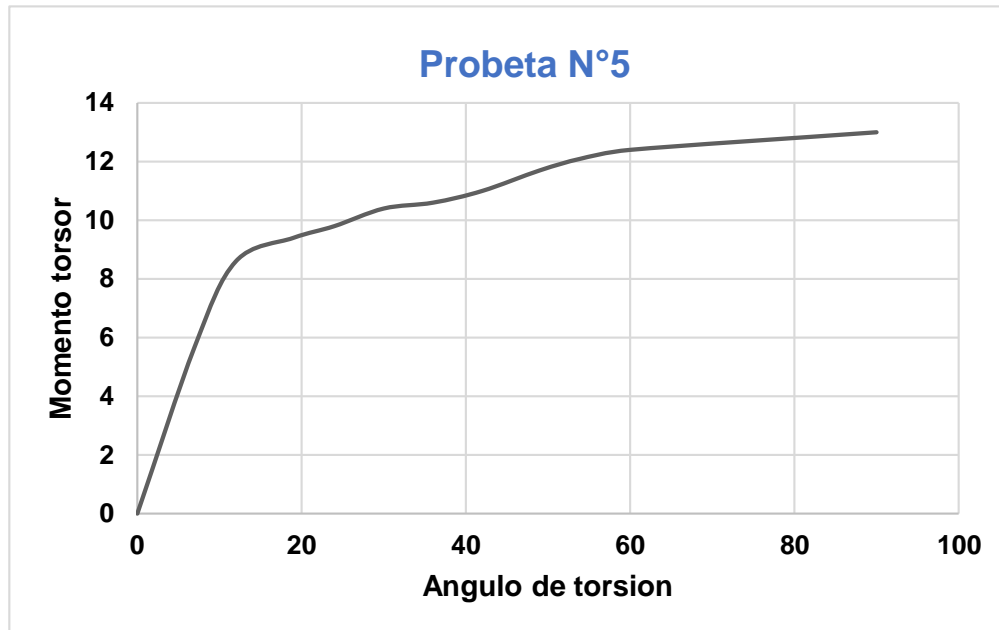
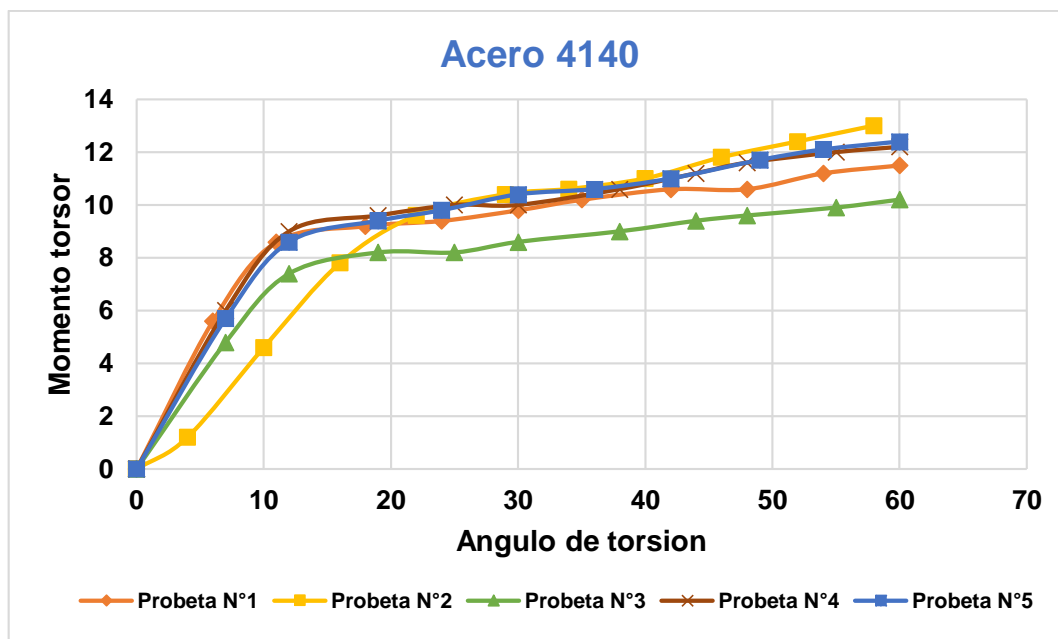


Grafico N°17 Comportamiento del acero 4140, probeta 4

### Resultados experimentales del Acero 4140



Grafica N°18 Conjunto de resultados experimentales acero 4140

Se utilizaron los resultados de las cinco probetas utilizadas en las pruebas tomando los valores de ángulo de torsión con respecto a la fuerza aplicado (momento torsor).

El contador de revoluciones para el caso práctico de cálculos se tomó en cuenta que: **1RPM=6°** de giro de la probeta. Es decir por cada giro son 6° de torsión.

El material, según sus propiedades mecánicas es un acero con un contenido de carbono en un rango 0,38-0,43, de los tres materiales ensayados es este un material dúctil, según el ensayo de dureza; por lo que se produce una deformación menos prolongada que las pruebas anteriores; en tres de cinco casos se dio la ruptura en uno de los extremos, las otras dos fueron en la parte central, y como se presenta en las figuras anteriores, se puede analizar que las fracturas son fracturas “limpias”, cortes completamente rectos sin marcas de estrangulamientos, esto se debe al contenido de carbono de estas.

La línea marcada longitudinalmente a través de eje de la probeta en todos los casos se observó que dio de una vuelta y media a dos vueltas completa antes de llegar al punto de ceder y romperse.

Este acero posee una dureza más alta que el del acero 1020 y 1045 respectivamente, por lo que se observó que hubo un notable alargamiento del material por lo que su elasticidad aumento; lo que le da la capacidad de alcanzar grandes extensiones en las probetas la marca dio tres giros sobre el eje.

### Grafico comparativo de los materiales ensayados con la máquina de torsión.

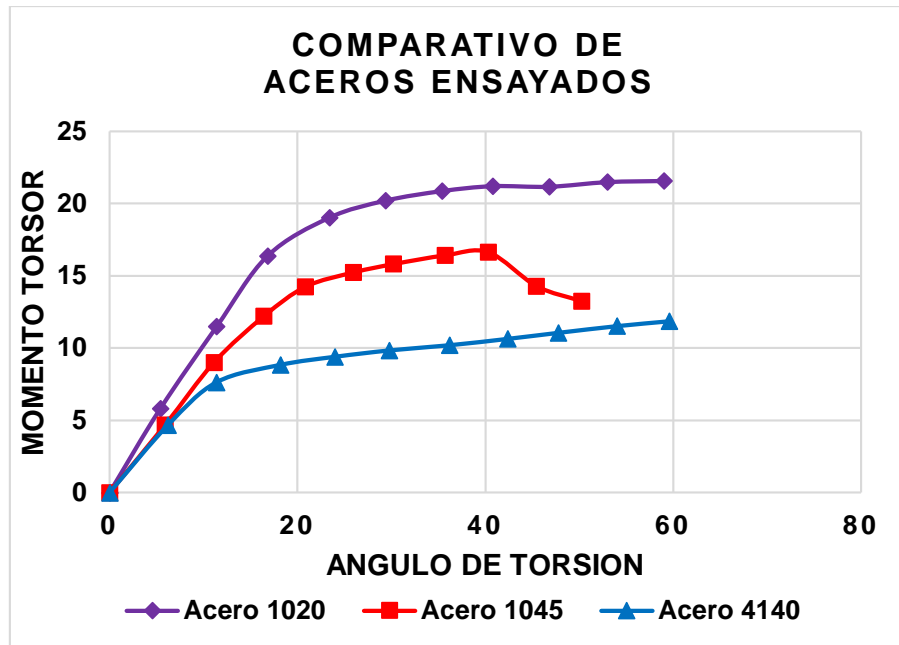


Grafico N°19 Comparativo de aceros ensayados

### Resultados experimentales del conjunto de materiales ensayados

En conclusión de las pruebas se logró determinar que a mayor contenido de carbono más resistente a la ruptura es el material.

En lo que respecta al acero 1020 es este un material frágil en comparación a los otros ya que su grafica tiene alargamientos significativos, pero también se notó que soporto mayor torque en una menor cantidad de giros del volante, su promedio de revoluciones fue de 37 vueltas aproximadamente al momento de su ruptura y la marca que se le hizo al eje longitudinal fue de una vuelta.

El acero 1045 tiene un poco más de carbono que el acero 1020 este tuvo menor alargamiento en su grafico según los datos tomados, el promedio de giros fue alrededor de 77 vueltas, con dos giros y medio en la marca del eje.

Y en lo que respecta al acero 4140, con mayor contenido de carbono que los demás, este tuvo una deformación permanente luego de superar el límite de fluencia, permitiendo grandes cantidades de deformaciones, por lo que se

determinó que es un material dúctil. El promedio de giros fue de 127 y los giros sobre el eje fueron tres.

Esto quiere decir que a mayor contenido de carbono, el material es más elástico y lo hace más resistir mayores cantidades de carga. La presencia de elementos aleantes en el acero 4140 justifica los valores alcanzados.

## 5.5 Análisis económico de restauración

Una vez culminada la restauración del equipo, se procede a cuantificar los costos económicos a los que se incurrieron en la restauración de la máquina de ensayos de torsión. Las valoraciones económicas son las siguientes:

Esta estimación consiste en la inversión realizada en el equipo, a continuación se presentan los costos de estética, protección personal, sistema mecánico y sistema de instrumentación, accesorios y el costo de fabricación del Torsiómetro y de las probetas correspondientes a las pruebas realizadas con la máquina.

Materiales y herramientas		Cantidad	Precio x unidad	SUB-TOTAL C\$
<b>Estética</b>				
Desengrasador liquido en Spray		1	C\$156.44	C\$156.44
Thinner Acrílico		1	C\$150.00	C\$150.00
Tratamiento Anticorrosivo		1	C\$150.00	C\$150.00
Lija de agua	2000	4	C\$16.00	C\$64.00
	400	4	C\$16.00	C\$64.00
	220	3	C\$17.50	C\$52.50
	180	6	C\$18.00	C\$108.00
	120	5	C\$18.00	C\$90.00
	100	5	C\$22.00	C\$110.00
	80	4	C\$22.00	C\$88.00
	60	5	C\$22.50	C\$112.50
Pintura en	Primer Gris Mate	4	C\$65.00	C\$260.00

aerosol	Primer Negro mate	2	C\$65.00	C\$130.00
	Barniz transparente	1	C\$70.00	C\$70.00
Masking tape		1	C\$28.00	C\$28.00
<b>Costo total estética</b>				<b>C\$1,633.44</b>
<b>Protección personal</b>				
Mascara		2	C\$30.00	C\$60.00
Guantes		1	C\$60.00	C\$60.00
<b>Costo total protección personal</b>				<b>C\$120.00</b>
<b>Sistema mecánico</b>				
Banda 80XL027		1	C\$346.67	C\$346.67
Prisionero Allen		2	C\$3.11	C\$6.22
<b>Costo total sistema mecánico</b>				<b>C\$352.89</b>
<b>Sistema de instrumentación y control</b>				
Nivel de línea con imán		1	C\$50.00	C\$50.00
Nivel de línea		1	C\$125.00	C\$125.00
<b>Costo total de sistema de instrumentación y control</b>				<b>C\$175.00</b>
<b>Accesorios y lubricantes</b>				
Grasa semi-solida		1	C\$60.00	C\$60.00
Forro		1	C\$600.00	C\$600.00
<b>Costo total accesorios y lubricantes</b>				<b>C\$660.00</b>
<b>Costo material de probetas</b>				
Barra de acero	Acero 1045 de 3/4" x 1mt	1	C\$152.42	C\$152.42
	Acero 4140 20mm x 1mts	1	C\$410.01	C\$410.01
<b>Costo total material para probetas</b>				<b>C\$562.43</b>
<b>TOTAL</b>				<b>C\$3,503.76</b>
<b>Equivalente en dólares</b>				<b>\$109.49</b>

Costo fabricación probetas				
maquinado de probetas		10	500	C\$5,000.00
<b>Costo total fabricación de probetas</b>				<b>C\$5,000.00</b>
Fabricación Torsiómetro				
Fabricación de soporte cilíndrico		1	C\$480.00	C\$480.00
Fabricación de tuerca de presión		1	C\$400.00	C\$400.00
Fabricación de espaciador cil. moleteado		1	C\$300.00	C\$300.00
Fabricación de tapa de extremo izq.		1	C\$400.00	C\$400.00
Fabricación de tapa de extremo der.		1	C\$400.00	C\$400.00
Fabricación soporte de varilla		1	C\$400.00	C\$400.00
Fabricación varilla		1	C\$250.00	C\$250.00
Fabricación abrazadera externa		1	C\$370.00	C\$370.00
Tornillo Allen	M3X0.5	8	C\$7.00	C\$56.00
	M6X1	3	C\$5.75	C\$17.25
<b>Costo total fabricación del Torsiómetro</b>				<b>C\$3,073.25</b>
<b>TOTAL</b>				<b>C\$8,073.25</b>
<b>Equivalente en dólares</b>				<b>\$252.29</b>

Tabla N° 30 Costo total de la restauración

El total de la restauración fue:

<b>TOTAL</b>	<b>C\$11,577.01</b>
<b>Equivalente en dólares</b>	<b>\$361.78</b>

La tabla anterior muestra que se necesita un total de 361.78 dólares para una restauración total de la máquina.

El valor que posee una máquina de estas en el mercado internacional nueva, una versión más digitalizada de la misma marca Y las mismas especificaciones tiene un precio de 3200 dólares, esta máquina se encuentra en Inglaterra, a estos



costos se le agregan los gastos de envío mas gastos de aduana los cuales pueden aumentar a más de 18,000 dólares (Alibaba, 2018), (EBAY,2018)

## **5.6 Plan de mantenimiento y diagnóstico de fallas**

### **5.6.1 Plan de mantenimiento preventivo**

Pasos para realizar un mantenimiento preventivo.

- Limpieza del equipo
  - Asegurarnos del orden y limpieza del área.
  - Sera suficiente con utilizar hilaza y un líquido limpiador una vez al mes, de este modo estará siempre listo para su utilización.
  - Limpiar de manera general cualquier rastro de suciedad que se pueda encontrarse en ella. Bajo ninguna circunstancia utilice agua porque la mayor parte de la máquina es de acero y esta podría oxidarse.
- Lubricación general.

Consiste en engrasar las partes móviles y más el eje que está sometido a rozamiento.

Verificar que el cabeza de ajuste manual se mueva libremente, de no ser así cubrir con una pequeña capa de aceite o preferiblemente vaselina simple que mantiene si oxido la barra de acero.

Si se le dio uso, es recomendable cambiar la grasa de la caja de engranes de reducción de tornillo sin fin.

- Verificar el estado de la estructura

Este paso por lo general consiste en ver el estado de la pintura con el paso del tiempo, se puede realizar al inicio de cada semestre escolar.

- Girar el volante horizontal

Para ver si este se mueve con facilidad asimismo se verifica el estado del contador y de las escalas de transportador.

### 5.6.2 Planeación del Stock necesario.

Un plan de mantenimiento preventivo debe contar con la adecuada planeación y control de repuestos, materiales y accesorios utilizados, ya que esto reduce costos de mantenimiento y por ende el éxito de la implementación del mantenimiento, los factores que determinan la cantidad de repuestos son: cantidad y depreciación (se hace para evitar inversiones innecesarias de piezas que se reemplazan con poca frecuencia).

Para el plan de mantenimiento preventivo de la Máquina de Torsión del Laboratorio de Metales (UNI-RUPAP) se ha definido una serie de repuestos y/o materiales, se presenta a continuación un cuadro que garantiza el stock necesario para el equipo.

Planeación de existencia de repuestos	
Ítem	Banda 80XL027
1	Grasa
2	Líquido desengrasante
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	


Tabla N° 31 Stock para mantenimiento preventivo

### 5.6.3. Formato de hoja de control del mantenimiento preventivo.

Control de Mantenimiento Preventivo				UNI-RUPAP
Fecha de entrega				Control N°
	D	M	A	
Hora de entrega				
Marca del equipo				
Identificación del equipo				
Descripción del mantenimiento				
Evaluación de control				
Observaciones				

Tabla N° 32 Hoja de mantenimiento preventivo.

### 5.8 Ficha técnica de la máquina de ensayo de torsión

	<p align="center"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>  <b>FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA</b>  <b>DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA</b>  <b>LABORATORIO DE METALES</b>  <b><u>FICHA TECNICA DE EQUIPOS</u></b> </p>
---	--

<b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>	Ensayo de Torsión y Torsiómetro	<b>SERIE</b>	138	<b>VOLTAJE</b>	-
<b>MARCA</b>	TECQUIPMEN T	<b>PESO</b>	76Kg	<b>FECHA/ ADQUISICI ON</b>	18/8/197 6
<b>MODELO</b>	SM1/2	<b>INVENTARI O</b>	07-2- 11001-10- 149-1	<b>MANUAL</b>	SI
<b>DIMENSIONES</b>	(917x76x) mm	<b>UBICACIÓ N</b>	Ensayos mecánicos	<b>PLANOS</b>	SI

DATOS FABRICANTES			
<b>NOMBRE</b>		<b>DIRECCIO N</b>	HOOTON STREET, CARLTON ROAD NOTTINGHAM NG3 2NJ, ENGLAND
<b>PAIS</b>	INGLATERRA	<b>E-MAIL</b>	
<b>REPRESENTANTE</b>		<b>FAX</b>	
<b>TELEFONO</b>			

<b>OBSERVACIONES</b>	

## **VI. Conclusiones y Recomendaciones**

### **Conclusiones**

- Se logra la restauración total de la máquina de ensayo de torsión y torsiómetro SM 1/2 del laboratorio de metales de la Facultad de Tecnología de la Industria.
- Se logró realizar el diagnóstico del equipo mediante una inspección exhaustiva de todos sus elementos confirmando que algunos de ellos se encontraban en mal estado o no se encontraba en la máquina.
- Una vez sustituidos los elementos en mal estado y obtenidos los faltantes se procedió a su instalación y se alcanzó la restauración de la máquina.
- Se realizan las pruebas de rigor, a partir de un diseño experimental valorando tres tipos de acero sus resultados reflejados en el informe lo cual valida el equipo restaurado.
- Se contabilizo todo lo invertido para lograr la restauración total de la Máquina de Ensayos de Torsión la cual tuvo un costo de C\$11,577.01.
- En el trabajo se refleja el plan de mantenimiento del equipo, su manual, los planos actualizados del mismo, además de la guía de práctica de laboratorio.

## Recomendaciones

- Mantener la máquina cubierta con el forro para disminuir la oxidación producida por las condiciones ambientales del laboratorio.
- Utilizar el torsiómetro solo cuando se realizan mediciones de alta precisión.
- Aplicar el plan de mantenimiento, para alargar la vida útil del equipo.
- La máquina de ensayo debe ser operada de manera responsable y con el uso de la guía de operación se deben hacer las pruebas con probetas que sean hexagonales.

## VII. Bibliografía consultada

- ❖ TORSION TESTING MACHINE AND TORSIOMETER. Tecquipment Limited. NOTTINGHAM, ENGLAND
- ❖ BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell. *Mecánica de materiales*. 2ed. México: McGraw Hill, 1999. 742p. ISBN 958-600-127-X
- ❖ MOTT, Robert, L. RESISTENCIA DE MATERIALES APLICACAD, Prentice Hall hispanoamericana, S.A, quinta Edición, México 2009. 791 p.
- ❖ HIBBELER, Russell C. MECÁNICA DE MATERIALES. quinta edición. México: Prentice Hall. 2006. 896 p.
- ❖ PYTEL, Andrew y SINGER, Ferdinand: RESISTENCIA DE MATERIALES, cuarta edición. Alfa Omega. México, 2004. 616 p.
- ❖ BEDFORD, Anthony y LIECHTI, Kenneth: MECÁNICA DE MATERIALES. Primera edición. Prentice Hall. Colombia, 2002. 627 p.
- ❖ FITZGERALD, Robert W: MECÁNICA DE MATERIALES, Fondo educativo Interamericano, 3ª Edición, México 2000.
- ❖ E.J.Hearn RESISTENCIA DE MATEIRALES, Diseño de estructuras y maquinas. México 13 D.F, Agosto, 1975.
- ❖ Tecnologia de Metales, Appold. Feiler y Reinhard, Schmidf. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GYZ) GmbH. Edición especial para proyectos de formación profesional en el área de la cooperación técnica.
- ❖ [Http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6993/1/M%C3%a1quina%20de%20ensayo%20de%20Torsi%C3%b3n%20Est%C3%a1tica%20UCV%20MC-01.pdf](http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6993/1/M%C3%a1quina%20de%20ensayo%20de%20Torsi%C3%b3n%20Est%C3%a1tica%20UCV%20MC-01.pdf)
- ❖ [Http://www.novadidacta.com.mx/productos-categoria-roduto.php?ld\\_cate=28&id\\_sub=202&id\\_prod=1296](http://www.novadidacta.com.mx/productos-categoria-roduto.php?ld_cate=28&id_sub=202&id_prod=1296)
- ❖ [Http://www.monografias.com/trabajos51/ensayo-torsion/ensayo-torsion2.shtml](http://www.monografias.com/trabajos51/ensayo-torsion/ensayo-torsion2.shtml)
- ❖ [Http://testersupply.es/6-1-torsion-testing-machine.html](http://testersupply.es/6-1-torsion-testing-machine.html)

- ❖ [Http://testersupply.es/6-2-metal-wire-torsion-tester.html](http://testersupply.es/6-2-metal-wire-torsion-tester.html)
- ❖ [Http://www.edibon.com/es/files/equipment/MTP/catalog](http://www.edibon.com/es/files/equipment/MTP/catalog)
- ❖ [Http://www.zwick.es/es/productos/maquinas-de-ensayos-de-materiales-multiaxiales/maquinas-de-ensayos-de-torsion-estaticas/maquinas-de-ensayos-de-torsion.htm](http://www.zwick.es/es/productos/maquinas-de-ensayos-de-materiales-multiaxiales/maquinas-de-ensayos-de-torsion-estaticas/maquinas-de-ensayos-de-torsion.htm)
- ❖ [Http://aparatostecnicos.blogspot.com/2014/05/torsiometro.html](http://aparatostecnicos.blogspot.com/2014/05/torsiometro.html)
- ❖ [Http://testersupply.es/6-torsion-testing-machine.html](http://testersupply.es/6-torsion-testing-machine.html)
- ❖ <http://www.google.com.ni/amp/s/materialesingji.wordpress.com/2011/01/31/mquina-de-ensayo-de-pruebas-de-torsion/amp>
- ❖ Mantenimiento  
<http://www.fio.unam.edu.ar/Secretarias/Administrativa/conc/bibli/mantenimiento/conceptos-basicos-mantenimiento.pdf>
- ❖ Enrique Dounce Villanueva. (2007). La Productividad en el Mantenimiento Industrial. (2da. Edición). Decima reimpresión. México.



## VIII. Anexos

Figura 1. Diagrama Esfuerzo-Deformación Aceros suaves.

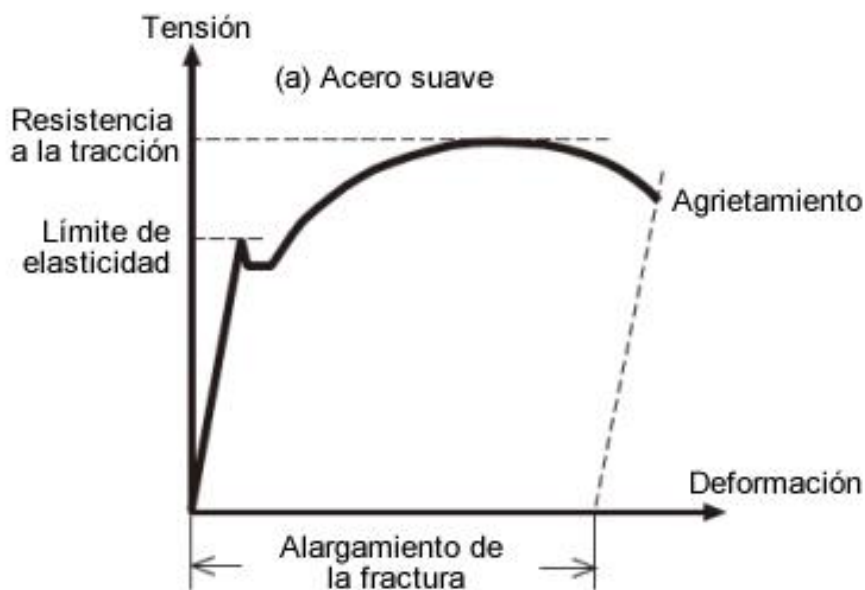


Figura 2. Diagrama Esfuerzo-Deformación aceros de baja y alta aleación.

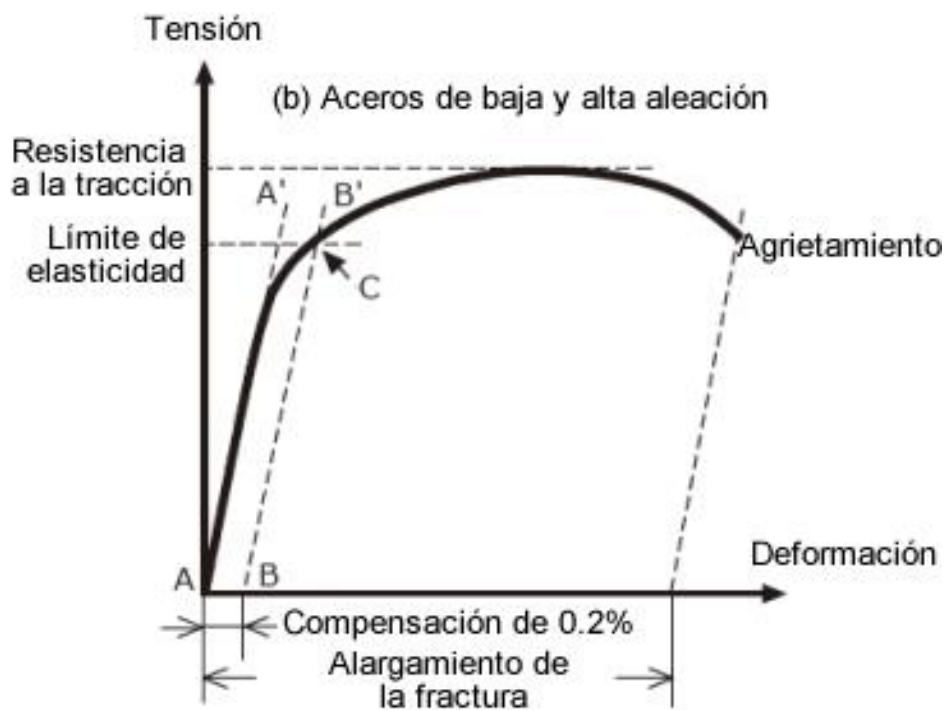


Figura 3 y 4. Estado inicial de la máquina de torsión



Figura 5 y 6. Estado final máquina de torsión



### **8.1 Anexos: Planos constructivos del Torsiómetro, planos de la máquina de Torsión y sus vistas.**

Se muestran el diseño y los planos constructivos utilizados por el tornero para elaborar el torsiómetro con todos sus elementos, además se presentan los planos actualizados de la máquina de ensayo de torsión en 3D y sus vistas especificando el nombre de cada parte.

